

Министерство образования и науки Российской Федерации
федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Инженерная школа энергетики

Отделение Электроэнергетики и электротехники

Направление подготовки 13.03.02 - Электроэнергетика и электротехника (бакалавриат)

Профиль Электрооборудование и электрохозяйство предприятий, организаций и учреждений

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Электрооборудование и электропривод механизма транспортирования слывовой заготовки стана 1250

УДК 621.31:62-83-52:621.771.22

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-5ГЗБ2	Бакиров Максат Абудгани		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Однокопылов Г.И.	к.т.н.		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Попова С.Н.	к.э.н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Ледовская А.М.			

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель Отделения	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Дементьев Ю.Н.	Ph.D, доцент		

Томск – 2018 г

Министерство образования и науки Российской Федерации
федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Инженерная школа энергетики

Отделение Электроэнергетики и электротехники

Направление подготовки 13.03.02 - Электроэнергетика и электротехника (бакалавриат)

Профиль Электрооборудование и электрохозяйство предприятий, организаций и учреждений

УТВЕРЖДАЮ:

Зав. отделением Ю.Н. Дементьев

(Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ

на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Бакалаврской работы

(бакалаврской работы, дипломного проекта/работы, магистерской диссертации)

Студенту:

Группа	ФИО
3-5ГЗБ2	Бакирову Макскату Абудганиу

Тема работы:

Электрооборудование и электропривод механизма транспортирования слэбовой заготовки стана 1250	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	№ 3244/с от 10.05.2018г

Срок сдачи студентом выполненной работы:	01.06.2018г.
--	--------------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе	Материалы преддипломной практики, техническая литература, техническая документации
Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов	Введение; описание технологического процесса; обоснование и выбор системы электропривода; выбор элементов и расчет параметров силового канала регулируемого электропривода; синтез и анализ линеаризованной системы автоматического управления регулируемого электропривода; синтез и анализ нелинейной САУ РЭП; расчет статических и динамических характеристик, социальная ответственность проекта; финансовый менеджмент; заключение.

Перечень графического материала	- схема кинематическая; - схема электрическая принципиальная; - схема электрическая функциональная; - схема электрическая структурная; - демонстрационный лист; - технико-экономические показатели;
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы	
Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Попова Светлана Николаевна
Социальная ответственность	Ледовская Анна Михайловна
Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:	
Заключение	

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	05.04.2018г..
---	---------------

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Однокопылов Г.И.	к.т.н.		05.04.2018г.

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-5ГЗБ2	Бакиров Максат Абудгани		05.04.2018г.

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа содержит 125 страниц, 24 рисунков, 29 таблиц, 51 источника.

ЭЛЕКТРОПРИВОД, РОЛЬГАНГ, СИСТЕМА АВТОМАТИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ ЭЛЕКТРОПРИВОДА, ОПТИМИЗАЦИЯ, СТАТИЧЕСКИЕ И ДИНАМИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ, ПОКАЗАТЕЛИ КАЧЕСТВА РЕГУЛИРОВАНИЯ.

В работе произведен расчет электропривода приемного рольганга.

В проектно-пояснительной части описан технологический процесс участка и представлена кинематическая схема. При этом произведены оценка и анализ вариантов исполнения, обоснованы функциональные схемы РЭП и системы управления.

В проектно-расчетной части произведен расчет и выбор силового оборудования, расчет регулировочных характеристик реверсивного преобразователя. Изложена методика синтеза линеаризованной САУ РЭП. Построены статические характеристики РЭП и ЛЧХ оптимизированных контуров САУ РЭП. Для нелинейной САУ РЭП преобразователя непрерывного и дискретного построены переходные процессы с помощью ЭВМ для различных режимов работы электропривода.

В экономической части произведен экономический расчет пуско-наладочных работ электропривода и составлена сметная стоимость затрат.

В разделе безопасности и экологичности освещены вопросы: анализ опасных и вредных производственных факторов, техника безопасности, производственная санитария, пожарная безопасность, произведен расчет освещения, а также рассмотрены мероприятия по охране окружающей среды.

Содержание

ВВЕДЕНИЕ	7
ПРОЕКТНО-ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЧАСТЬ	10
1.1 Технологический процесс участка	10
1.2 Кинематическая схема механизма приёмного рольганга	14
1.3 Оценка и анализ вариантов исполнения электропривода приёмного рольганга	17
1.4 Обоснование функциональной схемы РЭП и выбор ее основных элементов	19
1.4.1 Функциональная схема электропривода	19
1.4.2 Функциональная схема преобразовательной части электропривода	22
ПРОЕКТНО - РАСЧЕТНАЯ ЧАСТЬ	24
2.1 Выбор электрооборудования, расчет параметров и характеристик элементов силовой цепи	24
2.1.1 Выбор электродвигателя	24
2.1.2 Выбор комплектного регулируемого электропривода и силовых элементов входящих в него	32
2.1.3 Расчет параметров силовой цепи	39
2.1.4 Проверка обеспечения заданной области существования электромеханических характеристик электропривода	40
2.2 Расчёт электромеханических характеристик системы УВ-Д	43
2.3 Структурная схема силового канала САУ	47
2.4 Синтез линеаризованных структур САУ РЭП	48
2.4.1 Методика синтеза линеаризованных структур САУ РЭП	48
2.4.2 Линеаризованная структура САУ РЭП	49
2.5 Настройки контуров САУ электропривода	51
2.6 Расчет статических характеристик РЭП и погрешности скорости при изменении нагрузки	60
2.7 Структурная схема нелинейной САУ РЭП	64
2.8 Расчет переходных процессов	68
2.9. СИСТЕМА ЗАЩИТ И СИГНАЛИЗАЦИИ	71
ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»	73
3. ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ	74
3.1 Инициализация проекта и его технико-экономическое обоснование	75
3.1.1 Потенциальные потребители результатов проектирования	75
3.1.2 Анализ конкурентных технических решений	75

3.1.3 Определение научно-технической эффективности проекта	78
3.2 Планирование проектных и пусконаладочных работ	80
3.2.1 Планирование проектных и пуско-наладочных работ	80
3.2.2 Сметная стоимость пусконаладочных работ	85
3.2.3 Стоимость комплектующих и оборудования	86
3.2.4 Стоимость вспомогательных материалов	87
3.2.5 Затраты на основную заработную плату	87
3.2.6 Затраты на дополнительную заработную плату	90
3.3 Определение сметной стоимости ПНР	90
3.4 Определение ресурсной (ресурсосберегающей) и экономической эффективности исследования	91
3.4.1 Интегральный финансовый показатель	91
3. 4.2 Интегральный показатель ресурсоэффективности	91
3.4.3 Интегральный показатель эффективности вариантов исполнения разработки	92
ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»	94
4.СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ	97
4.1 Производственная безопасность.	97
4.1.1 Анализ вредных производственных факторов	97
Шум и вибрация	97
4.1.2 Анализ основных опасных факторов	100
4.1.3 Расчет освещения	102
4.2 Экологическая безопасность.	104
4.3 Безопасность в чрезвычайных ситуациях.	107
4.4 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности.	112
THE CONCLUSION	115
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	116
Приложение А.	120

ВВЕДЕНИЕ

Прокатка является основным видом обработки металлов давлением. Около 75% стали, выплавляемой на металлургических заводах, обрабатывается на прокатных станах и выпускается в виде готового проката: листов, сортовых профилей, труб и т.п. Остальная часть предназначена для производства стальных фасонных отливок и кузнечных слитков.

Из всех реверсивных станов горячей прокатки в нашей стране наибольшее значение в прокатном производстве имеют обжимные станы (блюминги).

Блюминг - (англ. blooming)-мощный прокатный стан, предназначенный для обжатия тяжелых стальных слитков в квадратные заготовки(блюмы). Используется также для прокатки плоской прямоугольной заготовки, идущей, на производство листовой стали - слябов.

Современный прокатный стан характеризуется высоким уровнем производительности, механизацией трудоемких работ и автоматизацией основных технологических процессов. Рост производительности прокатных станов и вспомогательных механизмов, повышение качества продукции, достижение высоких скоростей прокатки и интенсификация обжатия стали возможными в результате развития и широкого внедрения в прокатное производство современных систем электропривода и автоматики. Современные прокатные станы и механизмы представляют пример тесной взаимосвязи элементов конструкций, технологического процесса и автоматизированного электропривода.

Кроме основной операции на прокатном стане производится целый ряд вспомогательных операций, без которых невозможна прокатка металла.

В современных механизированных прокатных станах с поточным технологическим процессом обработки металла рольганги являются одним из наиболее распространенных вспомогательных механизмов, от которых в

большой степени зависит производительность и бесперебойная работа прокатного стана в целом. Производительность прокатного стана может оказаться невысокой, если хотя бы один из его механизмов не в состоянии выполнить соответствующее количество операций в заданное время.

Рольганг -(нем. Rollgang)- конвейер, по которому груз перемещается по роликам под действием силы тяжести самих грузов; применяется для перемещения штучных грузов.

Для транспортирования прокатываемого металла к прокатному стану, задачи металла в валки, приема его из валков и передвижения к вспомогательным машинам (ножницам, правильным машинам, машине огневой зачистке и т.п.) служат рольганги.

Общая длина рольгангов весьма значительна, а вес их достигает 40-60% от общего веса оборудования стана. Конструкция рольгангов, их вес и стоимость, также как и эксплуатационные показатели работы, тесно связаны с типом электропривода, к выбору которого следует подходить весьма тщательно с учетом их назначения и всех возможных режимов работы в данной технологической линии.

Рольганги выполняются с групповым или индивидуальным приводом. При индивидуальном приводе каждый ролик данной секции рольганга приводится от отдельного электродвигателя. При групповом электроприводе секция рольганга, состоящая из 3-10, а иногда и более роликов имеет общий электропривод от одного электродвигателя. Групповой электропривод применяется для рольгангов, работающих в тяжелом режиме, с частыми пусками или реверсами (например, для рабочих и приемных рольгангов обжимных клетей). Для этих станов начальная длина слитка и длина раската в первых проходах близки к величине шага рольганга, вследствие чего на один ролик приходится почти весь вес прокатываемого металла. Это делает необходимым применение группового электропривода, имеющего по сравнению с индивидуальным на много меньшую установленную мощность электродвигателей и меньшую себестоимость.

По своему назначению рольганги разделяют на рабочие и транспортные. Рабочими называют рольганги, расположенные непосредственно у рабочей клетки и служащие для задачи металла в валки и приема его из валков. Транспортными называют все остальные рольганги, установленные перед рабочей клетью и за ней и связывающие между собой отдельные вспомогательные машины и устройства стана.

Целью проектирования является разработка реверсивного электропривода приемного рольганга стана 1250 обжимного цеха (блужинга) ЗСМК.

Реализация этих требований осуществляется на основе применения новейших технических средств: тиристорных преобразователей, систем подчиненного регулирования на базе унифицированной блочной системы регуляторов (УБСР), бесконтактных логических элементов и других высокоэффективных средств управления.

1 ПРОЕКТНО-ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЧАСТЬ

1.1 Технологический процесс участка

Из сталеплавильного цеха горячие слитки на железнодорожных платформах доставляются к нагревательным колодцам, которые расположены в начале обжимного цеха. Посадка слитков в нагревательные колодцы осуществляется специальными клещевыми кранами.

Нагрев слитков осуществляется в рекуперативных нагревательных колодцах до температуры 1300°C. Нагревательные колодцы состоят из 12 групп, по четыре ячейки в каждой группе. Нагретые слитки извлекаются тем же краном из ячеек нагревательных колодцев и кладутся на тележки слитковозов по два.

Доставка слитков к приемному рольгангу осуществляется с помощью слитковозов автоматической кольцевой слиткоподачи. В кольцо предусмотрена работы четырех слитковозов.

Приемный рольганг является вспомогательным оборудованием стана 1250 и состоит из четырех секций.

При доставке слитков с первой группы нагревательных колодцев, а также при выходе из строя устройств кольцевой слиткоподачи осуществляется непосредственно клещевым краном на приемный рольганг. Доставка слитков осуществляется по одному.

При доставке слитков со второй группы осуществляется слитковозами работающими в челноке. При доставке слитков с третьей группы и далее осуществляется слитковозами при работе слиткоподачи по кольцу.

После подачи слитка слитковозом и остановки его перед сталкивателем (устройство для сталкивания слитков с тележки слитковоза) слиток сталкивается на остановленные ролики приемного рольганга. Сталкиватели слитков находятся напротив второй и четвертой секции приемного рольганга.

С приемного рольганга слитки транспортируются с помощью подводящих и рабочих рольгангов к клетки 1250, где происходит обжатие металла.

План расположения оборудования участка представлен на рисунке 1.

Управление рольгангами может осуществляться как в ручном, так и в автоматическом режиме.

Ручной режим осуществляется оператором поста управления (ПУ-2) с помощью ключей управления. Ручной режим предусматривает транспортировку слитков по подводящему рольгангу в одном направлении со скоростью 2 м/с, а также предусмотрен реверс при забурировании и для возврата остывших слитков в нагревательные колодцы.

Автоматика рольгангов под управлением программируемого контроллера, "FESTO" обеспечивает автоматический режим 2, 3, 4 секций приемного рольганга. Транспортирование слитков осуществляется только в одном направлении. При автоматической работе включение приемного рольганга происходит при засвечивании фотореле, расположенных по линии прокатки.

При транспортировании слитка включается одновременно со своей секцией следующая секция (работающая в холостую).

Автоматический режим работы обеспечивает:

- 1) отправку слитков со второй секции приемного рольганга:
 - оператором ПУ-2 нажатием кнопки отправки;
 - при движении сталкивателя назад;
 - включением первой секции приемного рольганга;
- 2) передвижение слитков по приемным рольгангам, где слиток дожидается прокатки, при условии, что на пути следования слитков рольганги свободны;
- 3) расстановку слитков через рольганг в случае "плотной" прокатки с последующей автоматической отправкой с места ожидания по мере освобождения рольганга;
- 4) остановку рольганга после прохождения слитка.

В наиболее тяжелом режиме работает вторая и четвертая секция приемного рольганга при доставке по два слитка слитковозом со второй группы нагревательных колодцев. Слитковоз останавливается напротив второй (четвертой) секции приемного рольганга, сталкивателем сталкивается один слиток на не вращающиеся ролики. Затем включается вторая секция приемного рольганга нажатием кнопки отправки и металл транспортируется к следующей секции приемного рольганга в течении 2,5 секунд. Возможна пробуксовка роликов по металлу в течении одной секунды при буксировании седьмого ролика под неподвижным слитком. Далее сталкивателем сталкивается второй слиток через 5 секунд, включается рольганг при движении сталкивателя назад или нажатием кнопки отправки. После прохождения слитка по рольгангу, аналогично первому слитку, время паузы для доставки следующих слитков 25 секунд.

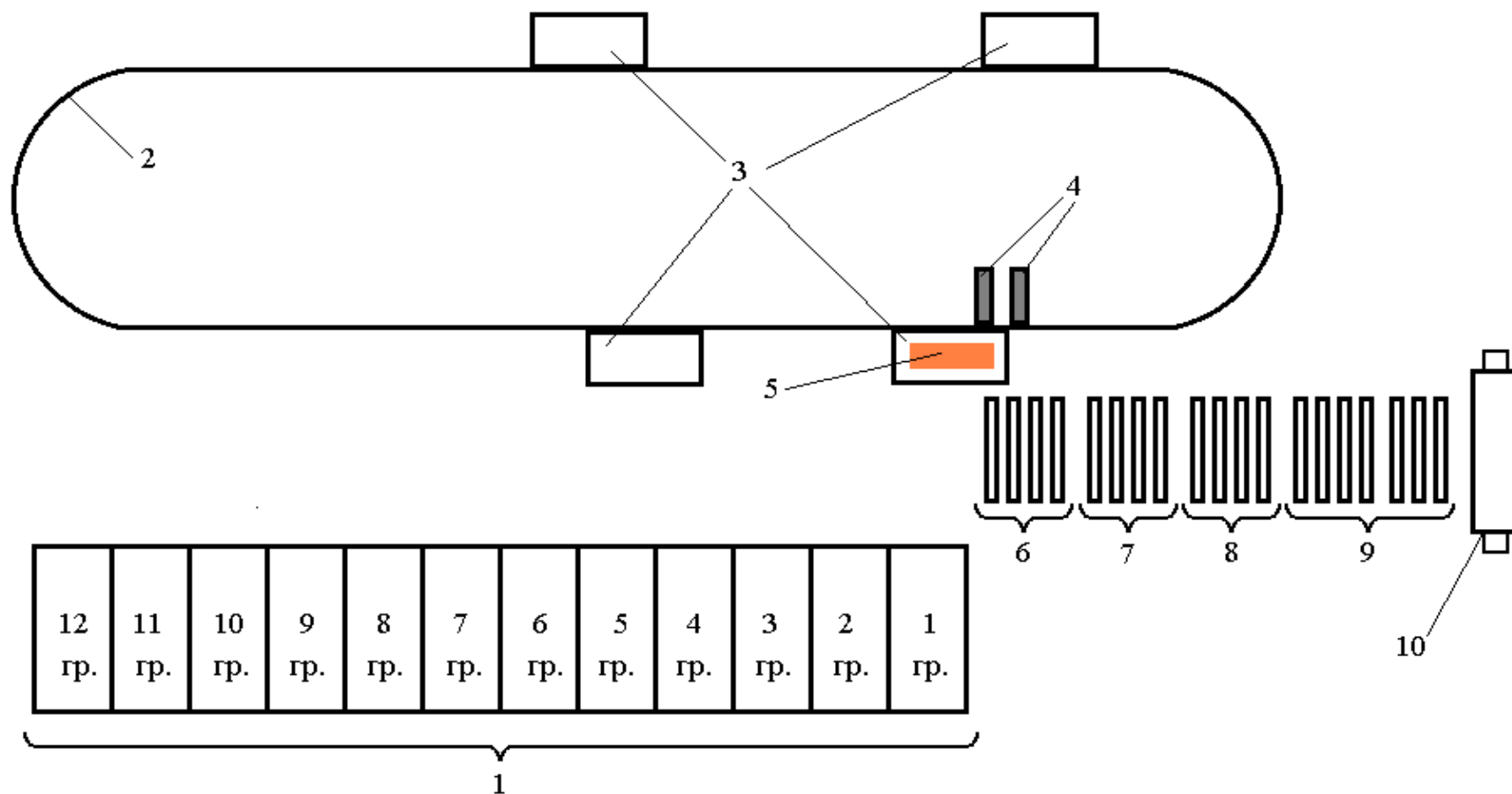


Рисунок 1. План расположения оборудования участка.

1 – нагревательные колодцы; 2 – кольцевая слиткоподача; 3 – слитковоз; 4 – сталкиватель; 5 – слиток; 6 – приёмный рольганг; 7 – подводящий рольганг; 8 – раскатной рольганг; 9 – рабочий рольганг; 10 – клеть 1250.

1.2 Кинематическая схема механизма приёмного рольганга

Приемный рольганг принимает слиток от слитковоза и передает на подводящий рольганг, который транспортирует его к рабочему рольгангу перед клетью. Ролики этого рольганга принимают на себя удары при опрокидывании на них слитков, и поэтому их делают цельноковаными.

Кинематическая схема приемного рольганга приведена на рисунке 2. Используется секция с групповым электроприводом, работающем в повторно-кратковременном режиме. Секция состоит из семи роликов имеющих общий привод от электродвигателя мощностью 110кВт (500 об/мин) через редуктор с передаточным числом $i=7,65$, промежуточные цилиндрические шестерни и шпиндели (типа удлиненных зубчатых муфт) и трансмиссионный вал. Ролики смонтированы на конических роликовых подшипниках. Для восприятия больших ударных нагрузок при подаче слитка массой 13,5 тонн на рольганг не слитковозом, а непосредственно коловцевым клещевым краном предусмотрена амортизация опор роликов при помощи тарельчатых пружин. Электропривод секции групповой, применен здесь, так как приемный рольганг работает в тяжелом режиме, с частыми пусками и большими нагрузками. Для приемного рольганга длина слитка близка к величине шага рольганга, вследствие чего на один ролик приходится почти весь вес прокатываемого металла.

Техническая характеристика элементов кинематической схемы приемного рольганга представлена в таблице 1.

Таблица 1.- Техническая характеристика приемного рольганга

Параметр	В
Вес транспортируемого металла, т	13,5
Масса одного ролика, кг	8280
Число роликов	7
Длина бочки ролика, мм	1200
Шаг роликов, мм	800
Диаметр бочки ролика, мм	600
Диаметр цапфы ролика, мм	260
Передаточное число редуктора	7,65
КПД зубчатой передачи	0,8
Окружная скорость на бочках ролика, м/с	2
Моменты инерции, приведенные к валу двигателя: - незагруженного рольганга, $кг \cdot м^2$ - загруженного рольганга слитком, $кг \cdot м^2$	63 95
Режим работы	повторно - кратковременный
Число включений в час	120

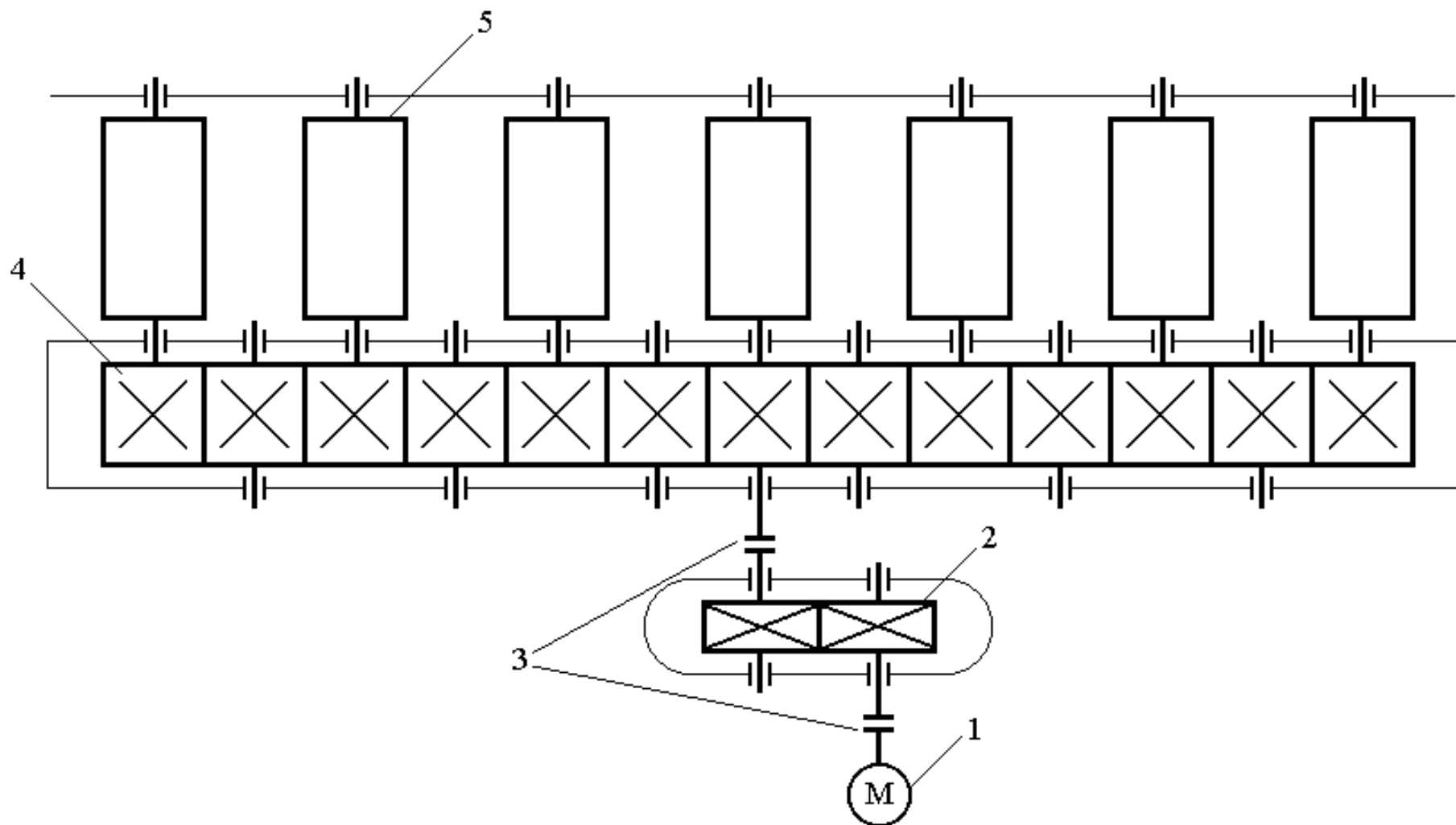


Рисунок 2. Кинематическая схема приёмного рольганга.

1 – электродвигатель; 2 – цилиндрический одноступенчатый редуктор; 3 – муфта; 4 – распределительный редуктор;
5 – ролик.

1.3 Оценка и анализ вариантов исполнения электропривода приёмного рольганга

Выбор рода тока и типа электропривода производится исходя из целого ряда условий, предъявляемых к режиму работы исполнительного механизма. Приемный рольганг работает в повторно - кратковременном режиме работы с частыми пусками, реверсами и торможениями, требует большой перегрузочной способностью для быстрого ускорения металла со слитком, а так же регулирования скорости вращения роликов. Для данного электропривода используется двигатель постоянного тока, имеющий следующие преимущества:

- более высокая перегрузочная способность, достигающая $2,5 \div 4$ - кратной величины (у асинхронных двигателей она не превышает $2 \div 2,5$ кратной величины);
- минимальный момент инерции;
- электрическое торможение двигателей постоянного тока осуществляется проще и дает лучшие результаты, чем торможение асинхронного двигателя;
- допускают регулирование скорости в широких пределах;
- аппаратура управления на постоянном токе проще и надежнее в действии, чем аппаратура управления на переменном токе.

Для питания двигателя постоянного тока существуют системы управления:

- генератор-двигатель;
- транзисторный преобразователь-двигатель;
- тиристорный преобразователь-двигатель.

Кратко рассмотрим их достоинства и недостатки и выберем наиболее приемлемый управляемый выпрямитель.

Система генератор - двигатель (Г-Д) позволяет плавно регулировать скорость двигателя и практически не вносит искажений (помех) в питающую

сеть, имеет большую установленную мощность электрических машин - следовательно, более низкий КПД, большие габариты и массу. Кроме того, эта система требует большого количества коммутационной аппаратуры и имеет высокую шумность.

Система транзисторный преобразователь-двигатель, несмотря на простоту управления транзисторами (транзистор - полностью управляемый прибор) и высокий КПД преобразователя (до 0,98%) имеет малую мощность из-за ограниченной мощности элементной базы (транзисторов).

Система тиристорный преобразователь - двигатель (ТП-Д), несмотря на внесение искажений в питающую сеть, имеет высокий КПД (до 0,98%), меньшую мощность установленного оборудования, отсутствие подвижных частей, высокое быстродействие, меньшие габариты и массу, бесшумность работы, высокий уровень автоматизации, большой срок службы, простоту резервирования.

Проанализировав возможные варианты и сопоставив их с требованиями, приходим к выводу о необходимости применения в качестве устройства управления скоростью двигателя постоянного тока электропривода приемного рольганга систему тиристорный преобразователь - двигатель.

В нашем случае в качестве электропривода приемного рольганга целесообразно использование комплектного тиристорного электропривода постоянного тока серии КТЭ.

Электропривод КТЭ отвечает всем необходимым требованиям, предъявляемым к электроприводу приемного рольганга, к его статическим и динамическим показателям качества.

1.4 Обоснование функциональной схемы РЭП и выбор ее основных элементов

1.4.1 Функциональная схема электропривода

Наибольшее применение в металлургической промышленности в настоящее время находит автоматизированный электропривод постоянного тока с замкнутой системой регулирования.

На рисунке 3. представлена функциональная схема автоматизированного тиристорного реверсивного электропривода постоянного тока приемного рольганга. Рассмотрим схему и назначение ее основных элементов.

Электродвигатель М независимого возбуждения получает питание от реверсивного тиристорного преобразователя UZ, который питается от трехфазной сети через автоматический выключатель QF1 и согласующий трансформатор Т. Выключатель QF1 защищает преобразователь и двигатель от токов короткого замыкания и больших перегрузок по току.

Силовой тиристорный блок преобразователя выполнен с отдельным управлением группами вентилей, включенных по трехфазной мостовой схеме выпрямления.

Сглаживающий дроссель LD включенный в якорную цепь позволяет ограничить величину переменных составляющих тока и, тем самым улучшить использование двигателя, его коммутацию и электрохимические характеристики. Выключатель QF2 производит отключение двигателя М и защищает его от перегруза и коротких замыканий.

Автоматическая система регулирования (АСР) представляет собой двухконтурную систему подчиненного регулирования скорости с отрицательной обратной связью по ЭДС и току двигателя.

Управление электродвигателем (пуск, регулирование частоты вращения, реверс и торможение) осуществляется с помощью бесконтактного

аппарата управления SA с поста управления. Для ограничения и регулирования темпа разгона электродвигателя (ускорения $\frac{d\omega}{dt}$) на входе регулятора ЭДС установлен задатчик интенсивности AI1, а для ограничения темпа нарастания тока двигателя (рывка $\frac{d^2\omega}{dt^2}$) – задатчик интенсивности AI2 установлен на входе контура тока.

Сигнал, снимаемый с шунта RS, поступает на датчик тока UA, с выхода которого поступает на датчик ЭДС UV2, а также является отрицательной обратной связью по току, пропорциональной току двигателя. На датчик ЭДС так же приходит сигнал с датчика напряжения UV1 через делитель напряжения, DV.

Сигналы задания скорости, обратной связи по скорости и заданного значения производной по скорости (dn/dt -ускорение) поступает на вход устройства шунтировки регуляторов. При наличии любого из перечисленных выше сигналов по управлению, превышающих пороговое значение на входе порогового устройства, на его выходе появляется положительное напряжение, которое поступает на управление ключами, для разблокировки регуляторов AA. При уменьшении всех сигналов на входе устройства до уровней меньших порогового ключи блокируют (шунтируют) регуляторы.

1.4.2 Функциональная схема преобразовательной части электропривода

На рисунке 4 представлена функциональная схема преобразовательной части электропривода приемного рольганга.

Узел фазосмещения АТ формируется шесть последовательностей импульсов для выпрямительного моста VSF или VSB, которые усиливаются усилителями А-Ф и А-В. Сдвиг импульсов относительно силового напряжения определяется напряжением управления U_y .

Для синхронизации с питающей сетью на вход АТ поступает опорное напряжение $U_{оп}$ после фильтра Z. Выбор работающего моста осуществляется логическим переключающим устройством (ЛПУ) АВ в зависимости от полярности напряжения U_n и абсолютного тока нагрузки (i_d). Устройство АВ формирует логические сигналы выбора моста VSF или VSB, переключает полярность напряжения задания начального угла U_o и вырабатываемого сигнала бестоковой паузы $BF1=1$, которым снимаются импульсы с обоих выпрямительных мостов.

Сигнал BF2, появляющийся одновременно с сигналом BF1, но исчезающий несколько позже, служит для отключения сигнала задания тока во времени бестоковой паузы. По сигналу $U_{ср}$ (срыв импульсов) импульсы снимаются с обоих выпрямительных мостов.

Защита электропривода осуществляется узлом АФ, который воспринимает перегрузки в цепи переменного тока (i_d) и в цепи постоянного тока i_d , а также сигналом "Авария", вырабатываемым в схеме электропривода. Узел АФ через узел ускоренного отключения АР отключает автоматический выключатель главной цепи QF, воздействуя на его независимый расцепитель R, снимает сигнал готовности в схеме управления электроприводом и сдвигает управляющие импульсы в инверторную область.

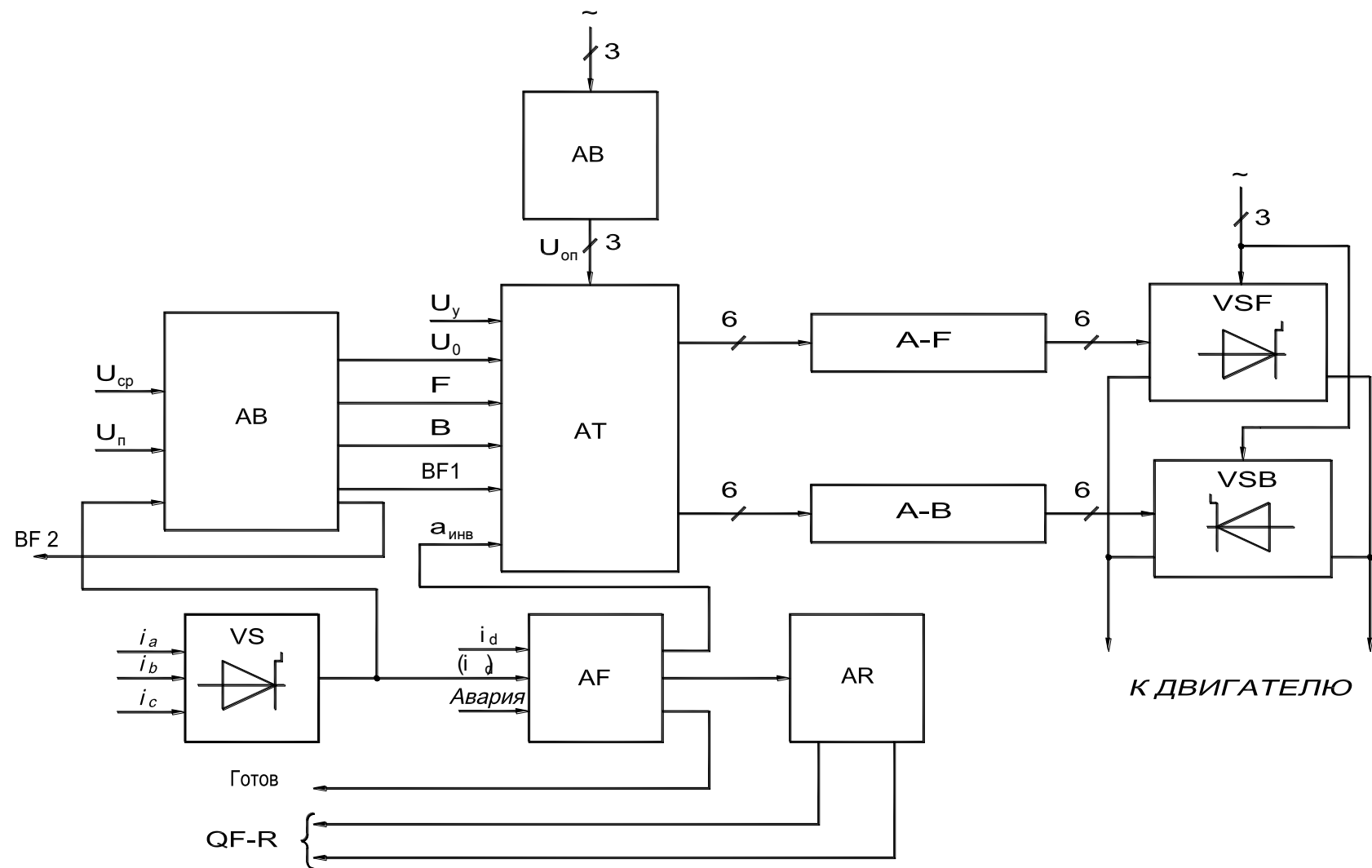


Рисунок 4 Функциональная схема преобразовательной части электропривода

2 ПРОЕКТНО - РАСЧЕТНАЯ ЧАСТЬ

2.1 Выбор электрооборудования, расчет параметров и характеристик элементов силовой цепи

2.1.1 Выбор электродвигателя

Произведем проверочный расчет краново-металлургического двигателя постоянного тока серии Д, типа Д814 с независимым возбуждением для электропривода приемного рольганга стана 1250.

Двигатель серии Д предназначен для специализированных кранов, вспомогательных металлургических механизмов, работающих в повторно - кратковременном режиме работы, с большим числом включений, широким диапазоном регулирования и высокой перегрузочной способностью в условиях повышенной влажности, запыленности и вибрации. Технические данные двигателя типа Д814 представлены в таблице 2.

Таблица 2.- Технические данные электродвигателя типа Д814.

Величина		Значение
Наименование	Обозначение	
Тип	-----	Д814
Номинальная мощность, кВт	P_n	110
Номинальное напряжение якоря, В	U_n	440
Номинальный ток якоря, А	I_n	274
Номинальные обороты вращения, об/мин	n_n	500
Возбуждение	-----	независимое
Номинальный ток возбуждения, А	$I_{в.н.}$	5,2
Номинальное напряжение возбуждения, В	$U_{в.н.}$	220
Момент инерции двигателя, кг·м ²	$J_{дв}$	10,25

Продолжение таблицы 2

Повторно – кратковременный режим	-----	ПВ=40%
Сопротивление якоря двигателя при 20° С, Ом	$R_{оя}$	0,032
Сопротивление дополнительных полюсов двигателя при 20° С, Ом	$R_{д.п}$	0,021
Номинальный вращающийся момент, Н·м	M_H	2100
Допустимый коэффициент перегрузочной способности двигателя	$\lambda_{дв}$	2,8

Проверочный расчет электродвигателя производим по методике [5].

Для определения нагрузки на электродвигатель рольганга необходимо рассчитать следующие моменты статических сопротивлений:

- момент холостого хода роликов;
- момент транспортирования металла по роликам;
- момент буксирования роликов по транспортируемому металлу.

Момент холостого хода рольганга, приведенный к валу двигателя, определяется по выражению:

$$M_{xp} = \frac{m_p \cdot g \cdot Z_p \cdot d_{ц} \cdot \mu_{ц}}{2 \cdot i \cdot \eta_x}, \quad (2.1)$$

где $m_p = 8280 \text{ кг}$ - масса одного ролика;

$g = 9,81 \text{ м/с}^2$ - ускорение силы тяжести;

$Z_p = 7$ - число роликов секции рольганга с групповым электроприводом;

$d_{ц} = 600 \text{ мм}$ - диаметр цапфы роликов;

$\mu_{ц} = 0,01$ - коэффициент трения скольжения в подшипниках ролика при воздействии на подшипники высоких температур транспортируемого металла по ([2],таблице 20);

$i = 7,65$ - передаточное число редуктора;

$\eta_x = 0,8$ - КПД редуктора при холостом ходе

Недостатком расчета момента холостого хода роликов по формуле (2.1.) является то, что в ней не учитывается момент, необходимый для холостого вращения элементов передачи (редуктора, трансмиссионного вала, муфт). С целью учета момента холостого хода передач рекомендуется снижение КПД при малых нагрузках. КПД сохраняется при уменьшении нагрузки до 75% от номинальной. При снижении нагрузки до 5-10% от номинальной КПД рекомендуется снижать на 50%, т.е. $\eta_x = 0,5 \cdot \eta_n = 0,5 \cdot 0,8 = 0,4$, тогда

$$M_{xp} = \frac{8280 \cdot 9,81 \cdot 7 \cdot 0,26 \cdot 0,01}{2 \cdot 7,65 \cdot 0,4} = 246,3 \text{ Н}$$

При определении момента холостого хода необходимо также учитывать потери в электродвигателе. Момент холостого хода двигателя определяется по формуле:

$$M_{x.d.} = (0,05 - 0,1) \cdot M_n = 0,1 \cdot 2100 = 210 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

где $M_n = 2100 \text{ Н} \cdot \text{м}$ - номинальный вращающий момент двигателя;

Таким образом, полный момент холостого хода рольганга равен:

$$M_x = M_{x.p} + M_{x.d.} = 246,3 + 210 = 456,3 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

При транспортировании металла с установившейся скоростью возникают дополнительные по сравнению с холостым ходом нагрузки, увеличение момента трения в подшипниках от силы тяжести металла и момента трения качения роликов по металлу.

Момент транспортировки металла по роликам, приведенный к валу двигателя, определяется по выражению:

$$M_{mp} = \frac{m_m \cdot g \cdot \left(\frac{d_u}{2 \cdot \mu_u} + f \right)}{i \cdot \eta_{tp}},$$

где m_m - масса металла слитков, приходящаяся на секцию рольганга, кг;

$f=0,15$ - коэффициент трения качения металла по роликам (для горячего металла);

$\eta_{тр}$ - КПД редуктора при транспортировании металла по рольгангу.

Так как транспортирование слитка по рольгангу дает обычно незначительное увеличение статической нагрузки на электропривод по сравнению с нагрузкой холостого хода, то можно принять $\eta_{тр}=\eta_x=0.4$, тогда

$$M_{тр} = \frac{13500 \cdot 9,81 \cdot \left(\frac{0,26}{2 \cdot 0,01} + 0,15 \cdot 10^{-2} \right)}{7,65 \cdot 0,4} = 123,5 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Полный статический момент при транспортировании металла, приведенный к валу двигателя:

$$M_{CT} = M_x + M_{TP} = 456,3 + 123,5 = 579,8 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Момент пробуксовки роликов по металлу определяется для выбора двигателей рольгангов по перегрузочной способности. Двигатели рольгангов должны развивать момент, достаточный для пробуксовки рольганга по транспортируемому металлу.

Момент буксирование роликов по транспортируемому металлу, приведенный к валу двигателя определяется по формуле:

$$M_{\delta} = \frac{m_m \cdot g \cdot (d_p \cdot \mu_{\delta} + d_{ц} \cdot \mu_{ц})}{2 \cdot i \cdot \eta_n},$$

где d_p - диаметр ролика, м;

μ_{δ} - коэффициент трения при буксировании (для горячей стали по [5], таблица 13 $\mu_{\delta}=0,3$)

η_n - КПД редуктора номинальный.

$$M_{\delta} = \frac{13500 \cdot 9,81 \cdot (0,6 \cdot 0,3 + 0,26 \cdot 0,01)}{2 \cdot 7,65 \cdot 0,8} = 2014 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Полный статический момент при буксировании, приведенный к валу двигателя, определяется по формуле:

$$M_{сб} = M_x + M_6 = 456,3 + 2014 = 2470,3 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Проверим двигатель на перегрузочную способность

На основании проведённых расчётов отношение $\frac{M_{\text{макс}}}{M_n} = \frac{2470}{2100} = 1,176$,

меньше коэффициента перегрузки двигателя $\lambda = 2,8$

Это значит, что двигатель проходит по перегрузочной способности.

Проверяем двигатель по нагреву

Время разгона электропривода рольганга:

$$t_n = \frac{J_{\text{э2}} \cdot \omega_{\text{расч}}}{M_n - M_{\text{см}}} = \frac{105,25 \cdot 51}{2520 - 579,8} = 2,5 \text{ с}$$

где $J_{\text{э2}} = J_{\text{МEX2}} + J_{\text{ДВ}} = 95 + 10,25 = 105,25 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$ - момент инерции электропривода с загруженным рольгангом;

$$\omega_{\text{расч}} = \frac{V}{r_p} \cdot i = \frac{2}{0,3} \cdot 7,65 = 51 \text{ рад/с} - \text{расчетная угловая скорость вращения}$$

двигателя;

M_n - средний пусковой момент двигателя; для разгона рольганга с заготовкой необходимо принять $M_n = 1,2 \cdot M_H = 1,2 \cdot 2100 = 2520 \text{ Н} \cdot \text{м}$.

$r_p = 0,3 \text{ м}$ - радиус ролика.

Время торможения электропривода рольганга:

$$t_m = \frac{J_1 \cdot \omega_{\text{расч}}}{M_m + M_x} = \frac{73,25 \cdot 51}{1680 + 456,3} = 1,75 \text{ с}$$

где $J_{\text{э1}} = J_{\text{МEX1}} + J_{\text{ДВ}} = 63 + 10,25 = 73,25 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$ - момент инерции рольганга без металла;

M_m - средний тормозной момент двигателя; для торможения незагруженного рольганга необходимо принять $M_m = 0,8 \cdot M_H = 0,8 \cdot 2100 = 1680 \text{ Н} \cdot \text{м}$

Используя, расчетные данные моментов и технологический процесс механизма, строим нагрузочную диаграмму приемного рольганга, которая приведена на рисунке 5.

По нагрузочной диаграмме определяем момент эквивалентный, приведенный к валу двигателя:

$$M_{\text{э}} = \sqrt{\frac{M_n^2 \cdot t_1 + M_{cn}^2 \cdot t_2 + M_{c.б}^2 \cdot t_3 + M_x^2 \cdot t_4 + M_m^2 \cdot t_5 + M_n^2 \cdot t_6 + M_{cm}^2 \cdot t_7 + M_{c.б}^2 \cdot t_8 + M_x^2 \cdot t_9 + M_m^2 \cdot t_{10}}{\frac{1+\beta}{2} \cdot (t_1 + t_2 + t_3 + t_4 + t_5 + t_6 + t_7 + t_8 + t_9 + t_{10})}} =$$

$$= \sqrt{\frac{2520^2 \cdot 2,5 + 579,8^2 \cdot 2,5 + 2470,3^2 \cdot 1 + 456,3^2 \cdot 1,2 + 1680^2 \cdot 1,5 + 2520^2 \cdot 2,5 + 579,8^2 \cdot 2,5 + 2470,3^2 \cdot 1 + 456,3^2 \cdot 1,2 + 1680^2 \cdot 1,5}{\frac{1+0,5}{2} \cdot (2,5 + 2,5 + 1 + 1,2 + 1,5 + 2,5 + 2,5 + 1 + 1,2 + 1,5)}} = 1900 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

где $t_1 \div t_{10}$ - время работы на каждом участке нагрузочной диаграммы, с;

$\beta=0,5$ - коэффициент ухудшения вентиляции электродвигателя при стоянке [5];

Эквивалентная продолжительность включения:

$$ПВ_{\text{э}} = \frac{\sum t_p}{t_{\text{ц}}} \cdot 100\% = \frac{\sum t_p}{\sum t_p + \sum t_o} \cdot 100\% =$$

$$= \frac{1,5 + 2,5 + 1 + 1,2 + 1 + 1,5 + 2,5 + 1 + 1,2 + 1}{1,5 + 2,5 + 1 + 1,2 + 1 + 5 + 1,5 + 2,5 + 1 + 1,2 + 1 + 2,5} \cdot 100\% = 32,4\%$$

где $t_{\text{ц}}=21,9$ - время цикла, с;

$t_o=7,5$ - время паузы, с.

Эквивалентная мощность двигателя:

$$P_{\text{э}} = M_{\text{э}} \cdot \omega_{\text{расч}} = 1900 \cdot 51 = 96900 \text{ Вт} \approx 97 \text{ кВт}$$

Приведём эквивалентную мощность к ближайшему каталожному значению $ПВ=40\%$:

$$P_{\text{к}} = P_{\text{э}} \cdot \sqrt{\frac{ПВ_{\text{э}}}{ПВ_{\text{к}}}} = 97 \cdot \sqrt{\frac{32,4}{40}} = 87,3 \text{ кВт}$$

Расчетная мощность двигателя;

$$P_{\text{расч}} = P_{\text{к}} \cdot K_3 = 1,2 \cdot 87,3 = 104,7 \text{ кВт}$$

где $K_3=1,1 \div 1,2$ - коэффициент запаса, учитывающий отличие нагрузочной диаграммы от режима работы производственного механизма.

Принимаем $K_3=1,2$

Условие по нагреву $P_H \geq P_{расч}$ выполняется.

Значит электродвигатель Д814 для электропривода приемного рольганга стана 1250 выбран правильно и проходит по нагреву и перегрузочной способности.

Расчетные параметры электродвигателя

Сопротивление двигателя в холодном состоянии

$$R_{дв} = R_{оЯ} + R_{дП} = 0,032 + 0,021 = 0,053 \text{ Ом.}$$

Сопротивление двигателя в нагретом состоянии (при нагреве $+90^\circ$)

$$R_{дв.гор} = 1,36 \cdot R_{дв} = 1,36 \cdot 0,053 = 0,072 \text{ Ом.}$$

Номинальная угловая скорость

$$\omega_H = \frac{2 \cdot \pi \cdot n_H}{60} = \frac{2 \cdot \pi \cdot 500}{60} = 52,35 \text{ рад/с}$$

Коэффициент ЭДС $\left(\frac{B \cdot c}{\text{рад}} \right)$ и электромагнитного момента $\left(\frac{H \cdot м}{A} \right)$

$$c = \frac{U_H - I_H \cdot R_{дв.гор}}{\omega_H} = \frac{440 - 274 \cdot 0,072}{52,35} = 8,036$$

Максимальная ЭДС электродвигателя

$$E_{дв.макс} = c \cdot \omega_H = 8,036 \cdot 52,35 = 420,68 \text{ В}$$

Максимальный ток двигателя при допустимой перегрузке

$$I_{дв.макс} = 2,8 \cdot I_H = 2,8 \cdot 274 = 767,2 \text{ А}$$

Индуктивность двигателя

$$L_{дв} = \gamma \cdot \frac{U_H}{I_H \cdot p \cdot \omega_H} = 0,3 \cdot \frac{440}{274 \cdot 2 \cdot 52,35} = 0,0046 \text{ Гн}$$

где $p = 2$ - число пар полюсов электродвигателя;

γ - коэффициент, приняты равным 0,3.

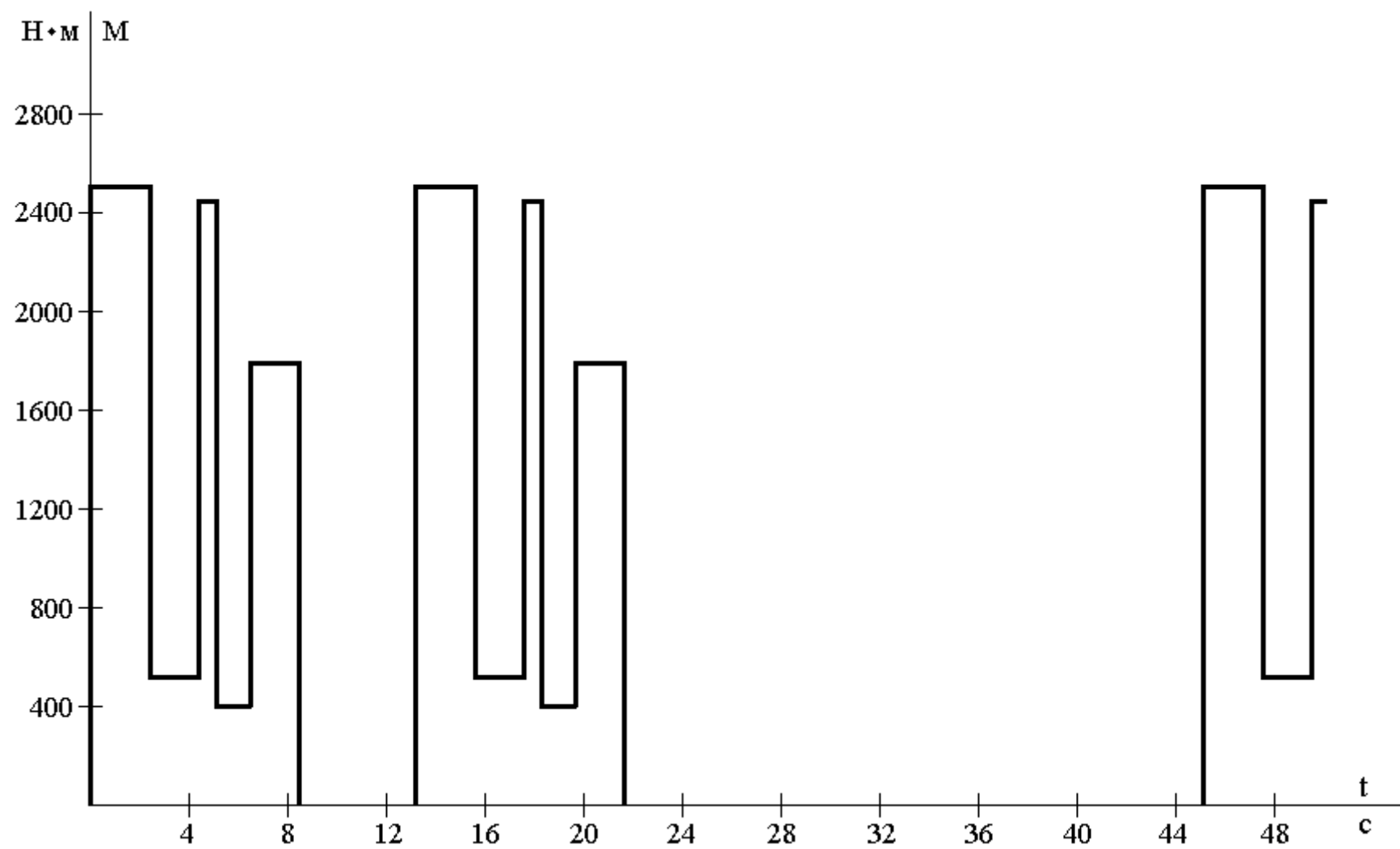


Рисунок 5 Нагрузочная диаграмма приёмного рольганга

Постоянная времени электродвигателя

$$T_{ДВ} = \frac{L_{ДВ}}{R_{ДВ.ГОР}} = \frac{0,0046}{0,072} = 0,064с$$

2.1.2 Выбор комплектного регулируемого электропривода и силовых элементов входящих в него

Выбор комплектного регулируемого электропривода

Для питания и управления скоростью выбранного электродвигателя типа Д814 принимается комплектный регулируемый электропривод серии КТЭ. Условие выбора комплектного электропривода (тиристорного преобразователя) сводится к следующему:

- номинальный выпрямленный ток преобразователя должен быть равен или больше номинального тока двигателя $I_{дн} \geq I_{ДВ.Н}$;
- номинальное выпрямленное напряжение преобразователя должно быть согласованно с номинальным напряжением двигателя, в нашем случае $U_{дн} = (U_{ДВ} + 20) = 460В$;
- максимальный допустимый ток преобразователя желательно должен быть не менее максимального тока электродвигателя при заданном времени.

На основании изложенного выбираем комплектный электропривод типа КТЭ 320/460...УХЛ4 (реверсивный, с отдельным управлением группами вентиля, с естественным охлаждением, схема выпрямления – трёхфазная мостовая, с основными номинальными параметрами $U_{дн} = 460В$, $I_{дн} = 320А$, $I_{d\max} = 2.25 \cdot 320 = 720А$ при длительности 10с).

Технические данные преобразователя представлены в таблицу 3

Таблица 3 - Технические данные КТЭ-320/440-132-1-УХЛ4.

Величина	Значение
Номинальный ток преобразователя, А	320
Номинальное напряжение преобразователя, В	460
Коэффициент полезного действия, %	94
Коэффициент мощности	0,85
Ассиметрия управляющих импульсов, эл.град.	± 3
Величина тока уставки максимальной токовой защиты, А	860
Диапазон регулирования U_d , %	0-100
Отклонение питающей сети от номинального значения: -для высокого напряжения, % -для низкого напряжения, %	± 10 + 10,-15
Диапазон регулирования скорости вращения двигателя	25:1
Статическая погрешность поддержания скорости вращения, %	4
Погрешность отработки заданной скорости не более, %	0,3
Время реверса тока якоря, мс	30
Ограничение полного тока при заданном уровне с погрешностью не более, %	10
Пределы регулирования ограничения темпа нарастания в якоре двигателя, А/с	$(40-100)I_n$
Диапазон измерения управляющего сигнала, В	± 10
Диапазон фазового управления, эл.град.	170
Дрейф фазовой характеристики при изменении температуры окружающей среды от $1 \div 40^\circ\text{C}$, эл.град	± 4
Зависимость угла регулирования от напряжения управления	линейная

Продолжение таблицы 3

Жесткость ограничивающей характеристики, В	$\pm 0,5$
Диапазон регулирования: -минимального угла, эл.град -максимального угла, эл.град -угла согласования, эл.град	5-90 90-175 5-175
Длительность выходных импульсов, мс	0,45-0,1

Выбор силового трансформатора

Для питания силовой цепи реверсивных тиристорных преобразователей выполненных по трехфазной мостовой схеме выпрямления применяются специальные преобразовательные трёхфазные трансформаторы, согласованные по вторичному напряжению с номинальным напряжением выпрямителя и электродвигателя. На основании параметров выпрямителя $U_{дн} = 460В$, $I_{дн} = 320А$ выбираем сухой, двухобмоточный преобразовательный трансформатор ТСЗП-400/10 УЗ с подключением сетевой обмотки к сети 10кВ. Технические данные трансформатора представлены в таблице 4.

Таблица 4 - Технические данные трансформатора

Тип трансформатора	Сетевая обмотка		Вентильная обмотка		Преобразователь		Потери		Напряжение короткого замыкания, %	Ток холостого хода $I_{х.х.}$, %
	Мощность, кВт	Напряжение, кВ	Напряжение, В	Ток, А	Напряжение, В	Ток, А	Холостого хода ΔP_x , Вт	Короткого замыкания ΔP_k , Вт		
ТСЗП-400/10УЗ	364	10	410	514	460	630	1600	4500	5,3	2,5
Соединение обмоток трансформатора $\Delta/\Delta - o$										

Расчетные параметры трансформатора

Расчет ведём для эквивалентного соединения вторичной обмотки трансформатора в звезду, тогда:

$$I_{2\phi} = I_{2л} = 514 \text{ A},$$
$$U_{2\phi} = \frac{U_{2л}}{\sqrt{3}} = \frac{410}{\sqrt{3}} = 236.7 \text{ B}$$

Активное сопротивление обмотки трансформатора на фазу:

$$R_{mp.\phi.} = \frac{\Delta P_{кз}}{m_2 \cdot I_{2\phi.n.}^2} = \frac{4500}{3 \cdot 514^2} = 0,0057 \text{ Ом}$$

Полное сопротивление обмотки трансформатора на фазу:

$$Z_{mp.\phi.} = \frac{U_{к.з.\%} \cdot U_{2\phi.n.}}{100 \cdot I_{2\phi.n.}} = \frac{5,3 \cdot 236,7}{100 \cdot 514} = 0,0245 \text{ Ом}$$

Реактивное сопротивление обмотки трансформатора на фазу:

$$X_{TP.\phi.} = \sqrt{Z_{mp.\phi.}^2 - R_{mp.\phi.}^2} = \sqrt{0,0245^2 - 0,0057^2} = 0,0238 \text{ Ом}$$

Индуктивность обмоток трансформатора на фазу:

$$L_{mp.\phi} = \frac{X_{mp.\phi}}{\omega_C} = \frac{0,0238}{314} = 0,076 \cdot 10^{-3} \text{ Гн}$$

где $\omega_C = 314 \text{ рад/с}$ - угловая частота питающей сети.

Выбор сглаживающего реактора

При питании от ТП по двигателю помимо постоянной составляющей тока протекают переменные составляющие, величина которых зависит от угла управления и параметров нагрузки. Это приводит к повышению нагрева двигателя, ухудшению условий коммутации и снижению жесткости механических характеристик в связи с расширением зоны прерывистых токов. Включение сглаживающего реактора в якорную цепь позволяет

ограничить величину переменных составляющих и, тем самым, улучшить использование двигателя, его коммутацию и электромеханические характеристики.

Индуктивность сглаживающего дросселя выбирается из условия уменьшения зоны прерывистого тока при раздельном управлении преобразователем до уровня минимального значения тока нагрузки $0,1 \cdot I_{дв.н}$ и ограничения пульсаций тока двигателя до допустимых значений $P(1)\% = 2 \div 7$.

Номинальный ток реактора выбирается из условия

$$I_{дп.н} \geq \frac{\lambda_{дс} \cdot I_{дс}}{\lambda_{дп}} = \frac{2,8 \cdot 274}{3} = 255,7 \text{ А}.$$

Индуктивность якорной цепи из условия ограничения зоны прерывистых токов на уровне $0,1 \cdot I_{дв.н}$

$$L_{кн1} = \frac{1}{\omega} \cdot k_{зр.макс} \cdot \frac{E_{д0}}{I_{д.зр}} = \frac{1}{314} \cdot 0,093 \cdot \frac{553,9}{27,4} = 0,006 \text{ Гн},$$

где при $\alpha = 90^\circ$ $k_{зр.макс} = \left(1 - \frac{\pi}{m_e} \cdot \text{ctg} \frac{\pi}{m_e}\right) \cdot \sin \alpha = \left(1 - \frac{\pi}{6} \cdot \text{ctg} \frac{\pi}{6}\right) \cdot \sin 90^\circ = 0,093$,

$$I_{д.зр} < 0,1 \cdot I_{дв.н} = 0,1 \cdot 274 = 27,4 \text{ А}$$

Тогда индуктивность дросселя

$$L_{дп1} = L_{кн1} - 2 \cdot L_{тр.ф} - L_{дс} = 0,006 - 2 \cdot 0,076 \cdot 10^{-3} - 0,0046 = 0,001248 \text{ Гн}.$$

Индуктивность якорной цепи из условия ограничения пульсаций тока на уровне 5%

$$L_{кн2} = \frac{E_{д(1)} \cdot 100}{m_e \cdot \omega_c \cdot P(1)\% \cdot I_{дн}} = \frac{134,4 \cdot 100}{6 \cdot 314 \cdot 5 \cdot 274} = 0,00522 \text{ Гн},$$

где $E_{д(1)} = \frac{E_{д0}}{\sqrt{2}} \cdot \frac{2 \cdot m_e}{(m_e^2 - 1)} = \frac{553,9}{\sqrt{2}} \cdot \frac{2 \cdot 6}{(6^2 - 1)} = 134,4 \text{ В}$

Тогда индуктивность дросселя

$$L_{дп2} = L_{кн2} - 2 \cdot L_{тр.ф} - L_{дс} = 0,00522 - 2 \cdot 0,076 \cdot 10^{-3} - 0,0046 = 0,000467 \text{ Гн}.$$

На основании расчетных параметров выбираем реактор серии ФРОС-65/0,5УЗ. Фильтровые однофазные одностержневые реакторы серии ФРОС с естественным воздушным охлаждением открытого исполнения предназначены для длительной работы в цепи выпрямленного тока со

значением выпрямленного напряжения не выше 500В. Индуктивность реакторов уменьшается не более чем на 10% от номинальной при трёхкратном номинальном токе. Параметры сглаживающего реактора представлены в таблице 5.

Таблица 5 - Параметры реактора типа ФРОС-65/0,5УЗ

Наименование параметра	Обозначение	Размерность	Значение
Номинальный ток	$I_{p.n}$	А	320
Индуктивность	L_p	мГн	1,0
Масса	m	кг	82
Активное сопротивление	R_p	Ом	0,0045

Выбор автоматических выключателей

Выключатели автоматические предназначены для защиты электрических установок при коротких замыканиях, перегрузках и недопустимых снижениях напряжения, для нечастых оперативных включений и отключений электрической цепи. Технические данные автоматических выключателей установленных на стороне переменного и постоянного токов в КТЭ-320/440-132-1УХЛ4 представлены в таблице 6.

Таблица 6. -Технические данные автоматических выключателей.

Параметры	Автоматический выключатель	
	на стороне переменного тока	на стороне постоянного тока
Тип	A3756Б	A3795П
Нулевой расцепитель	380В,50Гц	380В,50Гц

Продолжение таблицы 6

Независимый расцепитель	-	=110В
Электромагнитный привод	380В,50Гц	380В,50Гц
Номинальное напряжение главной цепи	380В,50Гц	=440В
Номинальный ток главной цепи	400А	400А
Уставка	1500А	2500А

Расчетные параметры преобразователя

Средняя выпрямленная ЭДС при угле управления $\alpha = 0$

$$E_{d0} = k_{U_{2Л}} \cdot U_{2Л} = 1,351 \cdot 410 = 553,9В$$

Коэффициент усиления тиристорного преобразователя (максимальное значение)

$$k_{ТП} = \frac{\pi \cdot k_{yo} \cdot E_{d0}}{2 \cdot U_{ОП.МАКС}} = \frac{3,14 \cdot 0,475 \cdot 553,9}{10} = 174$$

где $k_{yo} = 0,475$ - коэффициент передачи управляющего органа на входе СИФУ;

$2 \cdot U_{ОП.МАКС} = 10В$ - размах линейного опорного напряжения на входе СИФУ.

Постоянная времени тиристорного преобразователя, обусловленная средним значением времени запаздывания

$$T_{ТП} = \frac{0,5}{m_g \cdot f_C} = \frac{0,5}{6 \cdot 50} = 0,00167с$$

где $m_g = 6$ - число пульсов преобразователя;

$f_C = 50Гц$ - частота тока питающей сети.

2.1.3 Расчет параметров силовой цепи

Сопротивление силовой цепи преобразователя

$$R_{ТП} = 2 \cdot R_{mp.\phi} + R_{\kappa} = 2 \cdot 0,0057 + 0,0227 = 0,0341 \text{ Ом}$$

где $R_{\kappa} = \frac{m_{\phi} \cdot X_{mp.\phi}}{K_{cx} \cdot \pi} = \frac{6 \cdot 0,0238}{2 \cdot \pi} = 0,0227 \text{ Ом}$ - сопротивление, вносимое за

счёт коммутации токов тиристоров;

$m_{\phi} = 6$ - пульсность схемы выпрямления.

Сопротивление силовой цепи двигателя

$$R_{Ц.ДВ} = R_{ДВ.ГОР} + R_p + 0,1 \cdot R_{ДВ.ГОР} = 0,072 + 0,0045 + 0,1 \cdot 0,072 = 0,0837 \text{ Ом}$$

Сопротивление силовой цепи

$$R_{яц} = R_{ТП} + R_{Ц.ДВ} = 0,0341 + 0,0837 = 0,1178 \text{ Ом}$$

Индуктивность силовой цепи преобразователя

$$L_{ТП} = 2 \cdot L_{ТР.\phi} = 2 \cdot 0,758 \cdot 10^{-4} = 1,516 \cdot 10^{-3} \text{ Гн}$$

Расчетное значение индуктивности силовой цепи

$$L_{яц} = L_{\partial в} + 2L_{mp.n.} + L_{\partial p} = 0,0046 + 2 \cdot 0,076 \cdot 10^{-3} + 0,001 = 0,005752 \text{ Гн}$$

Электромагнитная постоянная времени силовой цепи

$$T_{\circ} = T_{яц} = \frac{L_{яц}}{R_{яц}} = \frac{5,752 \cdot 10^{-3}}{0,1178} = 0,0488 \text{ с}$$

Электромеханическая постоянная времени электропривода рольганга без металла

$$T_{м1} = \frac{J_{\text{экв1}} \cdot R_{яц}}{C^2} = \frac{73,25 \cdot 0,1178}{8,036^2} = 0,1336 \text{ с}$$

Электромеханическая постоянная времени загруженного рольганга
слитком:

$$T_{м2} = \frac{105.25 \cdot 0,1178}{8,036^2} = 0,192с$$

Определим отношение электромеханической и электромагнитной постоянных времени привода:

$$\frac{T_{м1}}{T_{яц}} = \frac{0,1336}{0,0488} = 2,738$$

$$\frac{T_{м2}}{T_{яц}} = \frac{0,192}{0,0488} = 3,934$$

Полученные значения говорят об имеющемся влиянии ЭДС двигателя на процессы в контуре тока.

2.1.4 Проверка обеспечения заданной области существования электромеханических характеристик электропривода

Заданная область существования электромеханических характеристик электропривода расположена в 4-х квадрантах и ограничивается значениями скорости $\pm \omega_{ЭП.МАКС} = 51 \text{ рад/с}$ и тока $\pm I_{ЭП.МАКС} = 720 \text{ А}$. Предельные характеристики (при углах $\alpha_{МИН}$ и $\alpha_{МАКС}$) должны обеспечивать выполнение заданной области работы во всех режимах управления и нагрузки привода.

Порядок проверки принят согласно методике изложенной в [16].

Значение минимального угла управления преобразователем в выпрямительном режиме

$$\alpha_{\min} \leq \arccos \left(\frac{C \cdot \omega_{\max} + I_{ДВ.Н} \cdot R_{яц}}{k_{UC} \cdot E_{d0}} \right) = \arccos \left(\frac{8,036 \cdot 51 + 274 \cdot 0,1178}{0.9 \cdot 553,9} \right) = 27,52^\circ. \text{ где}$$

$k_{UC} = 0.9$ - коэффициент, учитывающий возможное снижение напряжения питающей сети.

Принимаем $\alpha_{\min} = 25^\circ$

Максимальное значение ЭДС тиристорного преобразователя при угле $\alpha = 25^\circ$;

$$E_{ТП.МАКС} = E_{d0} \cdot \cos \alpha_{MIN} = 533 \cdot \cos \alpha_{MIN} = 502B$$

$$\begin{aligned} \alpha_{МАКС} &\leq \arccos \left(\frac{2 \cdot R_{ТП} \cdot I_{ЭП.МАКС}}{k_{UC} \cdot E_{d0}} - \cos \delta \right) = \\ &= \arccos \left(\frac{2 \cdot 0,0341 \cdot 720}{0,9 \cdot 553} - \cos 5^\circ \right) = 153 \text{ эл.град.} \end{aligned}$$

где $\delta = \delta_1 + \delta_2 = 1,8 + 3 = 4,8^\circ$;

$$\delta_1 = \frac{180 \cdot \omega_c \cdot t_\varepsilon}{\pi} = \frac{180 \cdot 314 \cdot 100 \cdot 10^{-6}}{\pi} = 1,8^\circ \quad - \quad \text{угол, соответствующий}$$

времени восстановления запирающих свойств вентиля t_B , град;

$t_B = 100 \text{ мкс}$ - время восстановления запирающих свойств вентиля;

$\delta_2 = 3^\circ$ - предельно допустимое значение асимметрии импульсов управления;

Принимаем $\delta = 5^\circ$

Принимаем $\alpha_{МАКС} = 155 \text{ эл.град.}$

При выбранном значении α_{min} рассчитывается и строится электромеханическая характеристика системы преобразователь - двигатель (характеристика I рисунок 6)

$$\omega_{ДВ}(I_{\partial\theta}) = \frac{1}{C} (k_{UC} \cdot E_{d0} \cdot \cos \alpha_{min} - R_{яц} \cdot I_{\partial\theta}) = \frac{1}{8,036} (0,9 \cdot 553,9 \cdot \cos 25^\circ - 0,1178 \cdot I_{ДВ})$$

Результаты расчета сведены в таблицу 7

Рассчитываем и строим электромеханическую характеристику при работе токопроводящей группы в режиме предельного инвертирования (характеристика II рисунок 6).

$$\begin{aligned} \omega_{ДВ}(I_{\partial\theta}) &= \frac{1}{C} (k_{UC} \cdot E_{d0} \cdot \cos \delta + (R_{ТП} - R_{ц.ДВ}) \cdot I_{\partial\theta}) = \\ &= \frac{1}{8,036} \cdot (0,9 \cdot 553,9 \cdot \cos 5^\circ + (0,0341 - 0,0837) \cdot I_{\partial\theta}) \end{aligned}$$

где $I_{ДВ} \leq 0$

Результаты расчёта сведены в таблицу 7.

Рассчитаем и построим электромеханические характеристики разомкнутой системы электропривода при работе преобразователя в инверторном режиме при максимальном угле (характеристика III рисунок 6)

$$\begin{aligned}\omega_{ДВ}(I_{ДВ}) &= \frac{1}{c} \left(-k_{UC} \cdot E_{d0} \cdot \cos \alpha_{МАКС} - R_{яц} \cdot I_{ДВ} \right) = \\ &= \frac{1}{8,036} \cdot \left(-k_c \cdot 553,9 \cdot \cos 155^\circ - 0,1178 \cdot I_{ДВ} \right)\end{aligned}$$

где $I_{ДВ} \leq 0$.

Результаты расчёта сведены в таблицу 7. По характеристикам рисунка 6 видно, что разомкнутая система электропривода обеспечивает заданную область работы.

Таблица 7. – Данные расчёта электромеханических характеристик.

Характеристики	I		II		III	
$I_{ДВ}, A$	0	720	0	-720	0	-720
$\omega_{ДВ}, \text{pac/c}$ при $\kappa_c = 0,9$	56,22	45,66	61,8	68,67	56,22	62,47
$\omega_{ДВ}, \text{pac/c}$ при $\kappa_c = 1,0$	62,47	51,92	66,24	73,1	66,78	73,02

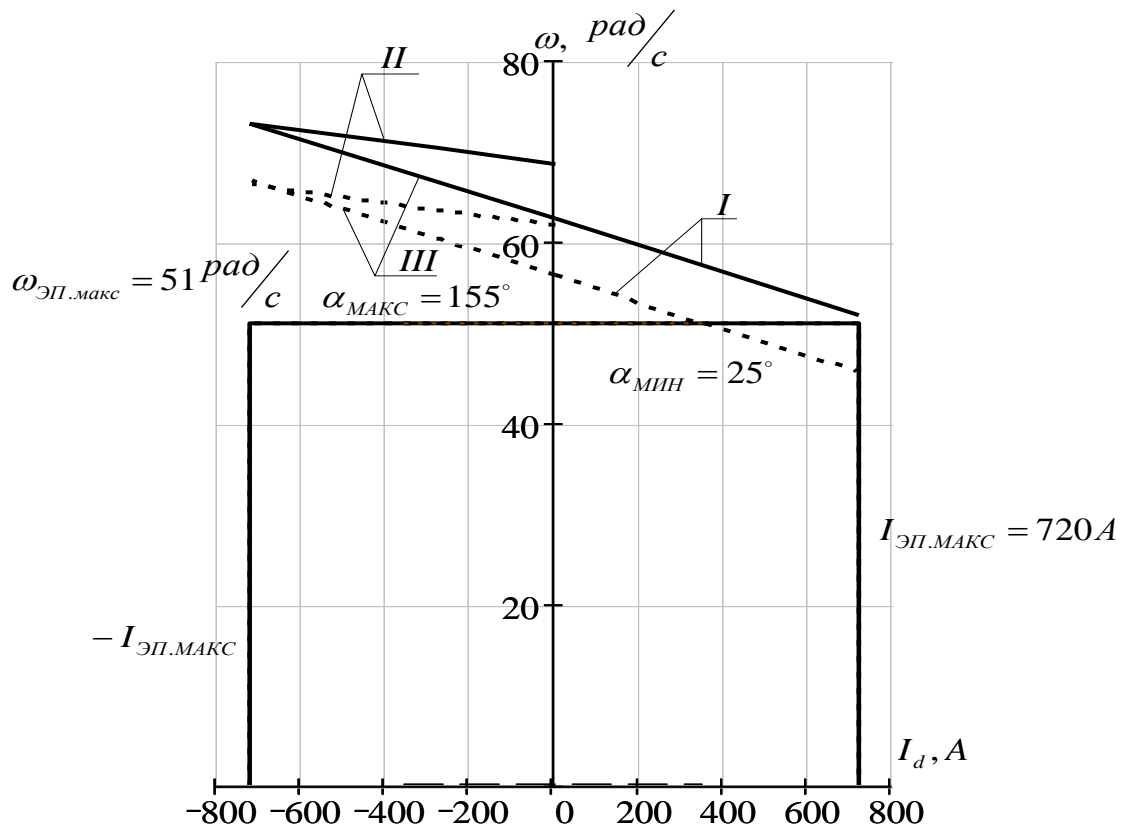


Рисунок 6 Заданная область работы и электромеханические характеристики разомкнутой системы ТП-Д (сплошными линиями приведены характеристики при $k_{UC} = 1.0$)

2.2 Расчёт электромеханических характеристик системы УВ-Д

Скорость вращения вала электродвигателя:

$$\omega = \frac{E_d - I_d \cdot R_{яц} - \Delta U_\theta}{c},$$

где: $E_d = E_{d0} \cdot \cos(\alpha)$ – среднее значение выпрямленной ЭДС в режиме непрерывного тока;

α – угол включения тиристора, отсчитываемый от точки естественной коммутации;

ΔU_θ – прямое падение напряжение на тиристоре.

Для получения соответствующей скорости вращения вала двигателя произведем ряд преобразований и получим выражение для нахождения угла управления в функции скорости:

$$\alpha(\omega) = \arccos \left(\frac{\omega \cdot c + I_d \cdot R_{яц} + \Delta U_{\varepsilon}}{E_{d0}} \right).$$

Для построение электромеханических характеристик в зоне непрерывного тока воспользуемся итоговым выражением:

$$\omega(I) = \frac{E_{d0} \cdot \cos(\alpha(\omega)) - I \cdot R_{яц} - \Delta U_{\varepsilon}}{c}.$$

Характеристики имеют линейный характер. Однако в действительности в области малых нагрузок появляется зона прерывистых токов, она тем больше, чем больше угол α . Появление зоны прерывистого токов обусловлено тем, что в определенные промежутки времени мгновенное значение выпрямленного напряжения преобразователя становится меньше встречно действующей ЭДС двигателя, и, как следует из уравнения равновесия ЭДС становится отрицательной. Ток должен изменить направление на противоположное. Но поскольку вентили обладают односторонней проводимостью, ток становится равным нулю. При больших нагрузках несмотря на то, что в определенные промежутки времени мгновенное значение напряжения становится меньше ЭДС двигателя, ток не прерывается, является непрерывным. Объясняется это тем, что при больших нагрузках запас электромагнитной энергии в цепи выпрямленного тока значительный. Переходу от режима непрерывного тока к прерывистому соответствует режим начально-непрерывного тока, являющегося граничным. Величина граничного тока зависит от угла α и параметров схемы.

Проведем расчет и построение характеристик в зоне прерывистых токов. Для этого найдем угол открывания, измеренный от начала положительной полуволны синусоиды фазной ЭДС:

$$\theta_0(\alpha) = \frac{180}{\pi} \cdot \left(\alpha(\omega) + \left(\frac{\pi}{2} + \frac{\pi}{m_{\varepsilon}} \right) \right).$$

Значение ЭДС в относительных единицах в зависимости от угла управления α в зоне прерывистых токов:

$$e(\alpha) = \cos\left(\theta \cdot \frac{\pi}{180}\right) \cdot \frac{\sin\left((\theta_0(\alpha) - \theta) \cdot \frac{\pi}{180}\right) - \sin\left((\theta_0(\alpha) + \lambda - \theta) \cdot \frac{\pi}{180}\right) \cdot e^{\lambda \cdot \frac{\pi}{180} \cdot \cot\left(\theta \cdot \frac{\pi}{180}\right)}}{1 - e^{\lambda \cdot \frac{\pi}{180} \cdot \cot\left(\theta \cdot \frac{\pi}{180}\right)}}$$

где угол $\lambda = \frac{2 \cdot 180}{m_\theta} = 60$ град – угол проводимости тиристоров;

угол θ – угол отставания тока в якоре от напряжения. Он обусловлен присутствием в цепи якоря индуктивности $L_{яц}$. Угол θ найдем по выражению:

$$\theta = \arctan\left(\frac{\omega_0 \cdot L_{яц}}{R_{яц}}\right) \cdot \frac{180}{\pi}.$$

Значение тока в относительных единицах в зоне прерывистых токов:

$$i(\alpha) = \frac{m_\theta}{2 \cdot \pi} \left(\cos\left(\theta_0(\alpha) \cdot \frac{\pi}{180}\right) - \cos\left((\lambda + \theta_0(\alpha)) \cdot \frac{\pi}{180}\right) - \lambda \cdot \frac{\pi}{180} \cdot e_{cp}(\alpha) \right),$$

Характеристики режима прерывистого тока можно построить в абсолютных единицах $\omega = f(I)$ по следующим выражениям:

$$\omega(\alpha) = e(\alpha) \frac{\sqrt{2} \cdot U_n \cdot \cos\left(\theta_0(\alpha) \cdot \frac{\pi}{180} - \frac{\pi}{2}\right) - \Delta U_\theta}{c},$$

$$I(\alpha) = i(\alpha) \frac{\sqrt{2} \cdot U_n \cdot \cos\left(\theta_0(\alpha) \cdot \frac{\pi}{180} - \frac{\pi}{2}\right)}{R_{яц}}.$$

Если в приведенных выражениях задавать угол открытия тиристоров α (в диапазоне $0 \dots 180$) и угол проводимости λ ($0 \dots 60$), то получим семейство электромеханических характеристик в зоне прерывистых токов. Электромеханические характеристики системы УВ-Д построены в программе MathCad и представлены на рис. 7:

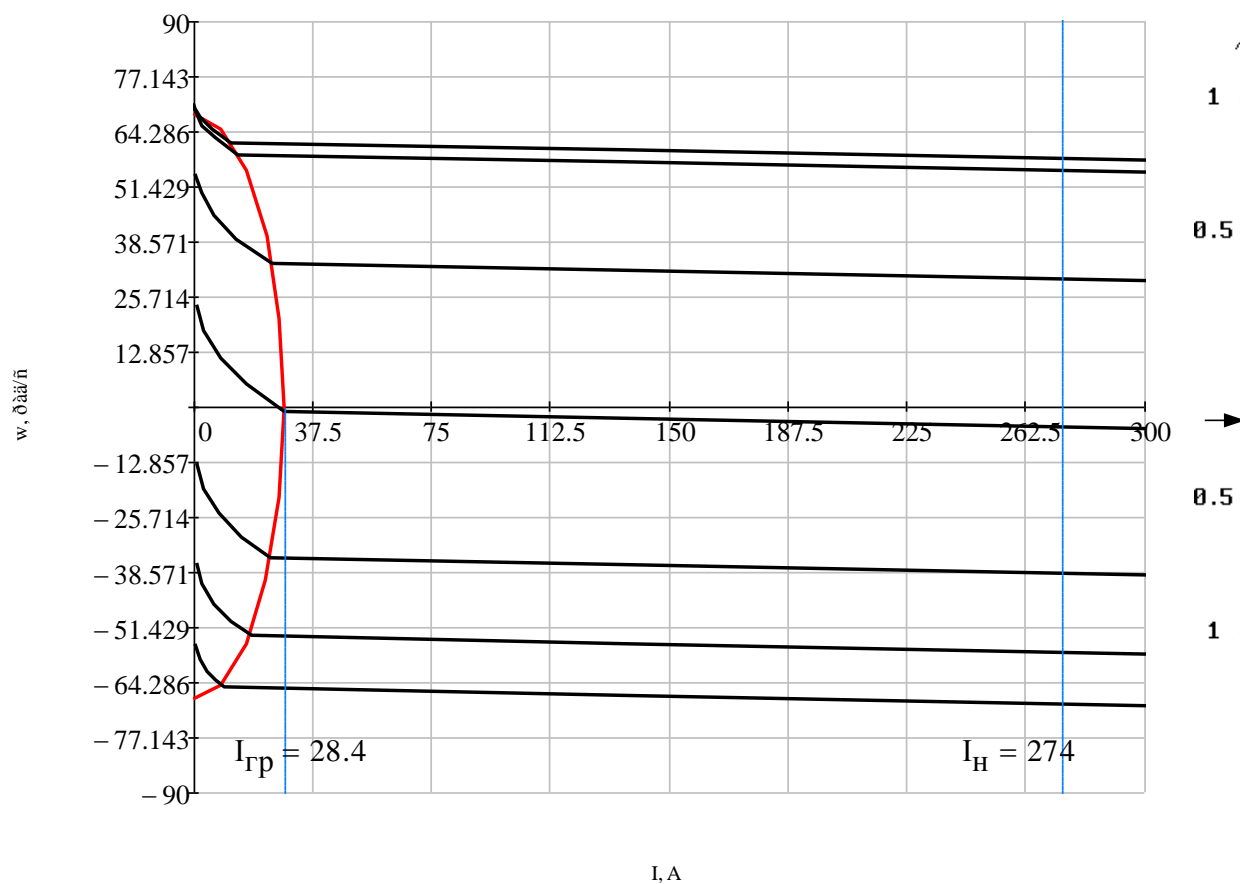


Рисунок 7 – Электромеханические характеристики системы УВ–Д с раздельным управлением

Для получения граничной характеристики можно воспользоваться выражениями для скорости и тока в зоне прерывистого тока, задавая угол $\lambda = 60$ град и меняя угол управления α .

Как видно из графиков рисунка 13 отношение $\frac{I_{дгрmax}}{I_{дн}} = \frac{28,4}{274} = 0,104$, что

является приемлемым.

2.3 Структурная схема силового канала САУ

Структурная схема силового канала электропривода приёмного рольганга приведена на рисунке 8. Параметры элементов схемы приведены в таблице 8.

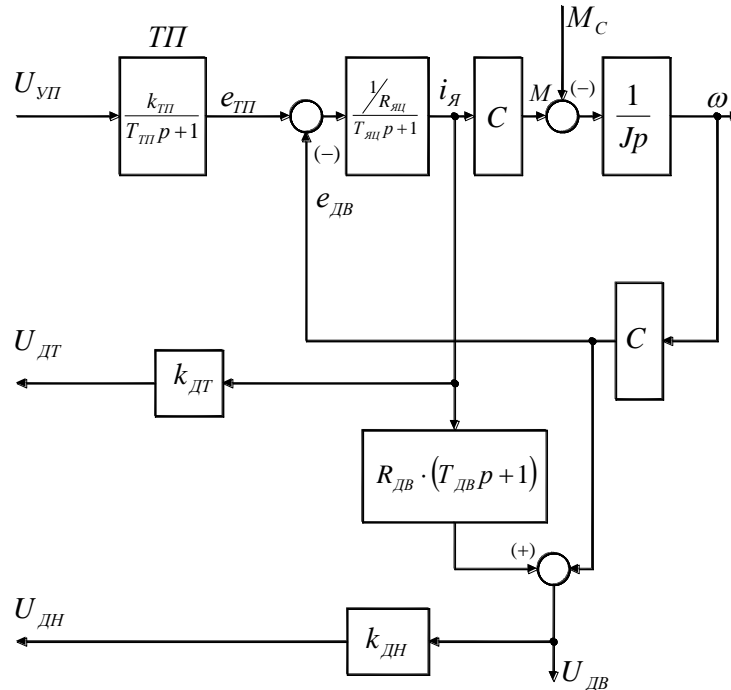


Рисунок 8 – Структурная схема силового канала электропривода приёмного рольганга стана 1250.

Коэффициент передачи датчика тока

$$k_{ДТ} = \frac{U_{ДТ.МАКС}}{I_{МАКС}} = \frac{10}{800} = 0,0125 \text{ В/А},$$

где $U_{ДТ.МАКС} = 10 \text{ В}$ и $I_{МАКС} = 800 \text{ А}$ - максимальные значения выходного напряжения и выходного тока при настройке датчика.

Коэффициент передачи датчика напряжения

$$k_{ДН} = \frac{U_{ДН.МАКС}}{U_{МАКС}} = \frac{10}{500} = 0,02$$

где, $U_{ДН.МАКС} = 10 \text{ В}$ и $U_{МАКС} = 500 \text{ В}$ - максимальные значения, принятые при настройке датчика

Таблица 8. – Параметры элементов силового канала электропривода

$k_{ТП}$	$R_{яц},$ Ω	$C,$ $\frac{B \cdot c}{рад}$	$J_{э1},$ $\frac{кг}{м^2}$	$J_{э2},$ $\frac{кг}{м^2}$	$T_{ТП},$ $с$	$T_{яц},$ $с$	$k_{дт},$ $\frac{B}{A}$	$k_{дн}$	$R_{дв.гор},$ Ω	$T_{дв},$ $с$	$L_{яц},$ $Гн$	$M_x,$ $Н \cdot м$	$M_c,$ $Н \cdot м$	$M_{сб},$ $Н \cdot м$
174	0,1178	8,036	73,25	105,25	0,00167	0,0488	0,0125	0,02	0,072	0,064	0,005752	456,3	579,8	2470,3

2.4 Синтез линеаризованных структур САУ РЭП

2.4.1 Методика синтеза линеаризованных структур САУ РЭП

В настоящее время широкое практическое применение получили системы РЭП постоянного тока с ТП, выполненные в общем случае по многоконтурной структурной схеме с последовательной коррекцией.

Задача синтеза САУ РЭП является в первую очередь задачей динамического синтеза, под которой понимается определение параметров элементов, обеспечивающих требуемые динамические свойства всей системы. В случае, когда заданы структурная схема САУ и параметры механической системы и силовой части электрической системы ЭП, задача сводится к определению параметров корректирующих цепей. Эта задача не является однозначной, поэтому важен выбор метода расчета, который, обладает простотой и наглядностью, позволял бы рассмотреть несколько вариантов и выбрать наиболее рациональный. Этим требованиям удовлетворяют методы расчета САУ, базирующиеся на использовании ЛХЧ.

На этапе предварительного синтеза САУ РЭП используются линеаризованные характеристики системы и ее элементов и соответственно методы синтеза линейных систем. При синтезе по заданным показателям качества определяют желаемые частотные характеристики системы и

характеристики корректирующих цепей. При проектировании электроприводов, выполненных по многоконтурной структуре с последовательной коррекцией, для построения желаемых ЛЧХ контуров получили распространение настройки на оптимум по модулю (технический оптимум) и симметричный оптимум.

2.4.2 Линеаризованная структура САУ РЭП

В электроприводах, к статическим и динамическим характеристикам которых не предъявляются высокие требования, вместо обратной связи по скорости используется обратная связь по ЭДС двигателя. Применение обратных связей по ЭДС позволяет избежать трудностей, связанных с изменением скорости при помощи тахогенератора. Широкому распространению структур РЭП с обратными связями по ЭДС способствует простота реализации, высокая надежность в эксплуатации, возможность токоограничения путем ограничения напряжения регулятора ЭДС.

Структура САУ РЭП приемного рольганга представляет собой двухконтурную систему подчиненного регулирования с регулятором ЭДС и регулятором тока (однократно-интегрирующая система), которая характеризуется значительной погрешностью скорости. Тиристорный преобразователь аппроксимирован инерционным звеном с некоторой фиктивной малой постоянной времени $T_{пп}$.

Ограничение тока силовой цепи в системе подчиненного регулирования достигается ограничением на соответствующем уровне выходного напряжения регулятора ЭДС. Предел ограничения тока постоянный.

Синтез САУ РЭП обычно осуществляется при пренебрежении влияния внутренней отрицательной обратной связи по ЭДС двигателя, что, строго говоря, допустимо только при выполнении условия $T_M / T_{яц} \gg 1$.

Структурная схема линеаризованной САУ РЭП приемного рольганга представлена на рисунке 9.

В структурной схеме приняты следующие обозначения:

РЭ – регулятор ЭДС;

РТ – регулятор тока;

$W(p)_{mn} = \frac{K_{ТП}}{T_{ТП} \cdot p + 1}$ - передаточная функция ТП;

$W(p)_{\partial\partial} = \frac{C}{R_{яц} \cdot (T_{яц} p + 1) \cdot Jp}$ - передаточная функция электродвигателя;

$W(p)_{\phi H} = \frac{1}{T_{\phi H} \cdot p + 1}$ - передаточная функция фильтра на выходе датчика напряжения.

Величина $T_{ТП}$ фактически определяется инерционностью фильтров в контуре регулирования тока, системы импульсно - фазового управления, а также самого ТП, а численно может быть принята равной сумме малых постоянных времени аperiодических звеньев, которыми в первом приближении могут быть аппроксимированы эти элементы.

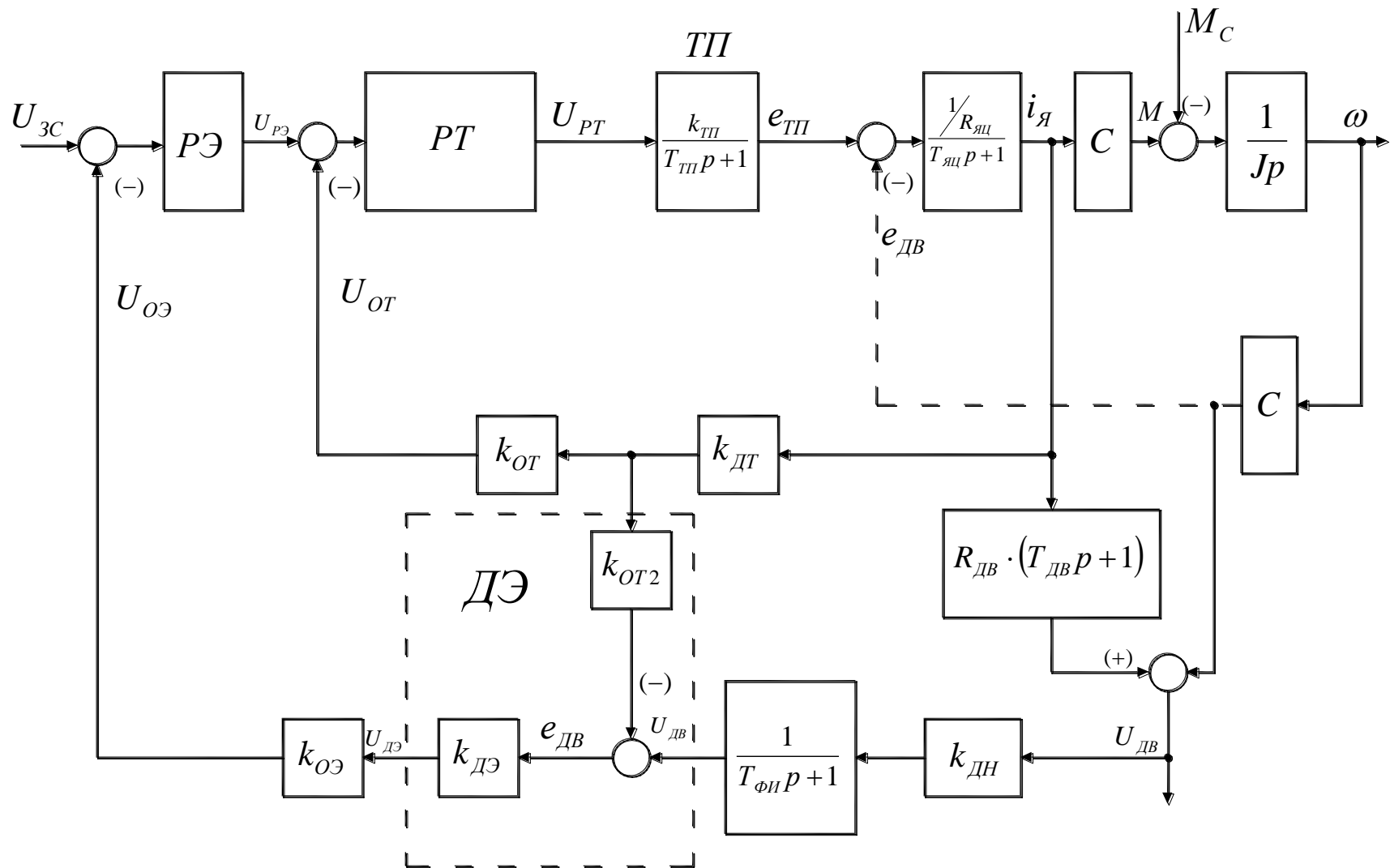


Рисунок 9– Структурная схема линейризованной САУ РЭП приемного рольганга

2.5 Настройки контуров САУ электропривода

Методика синтеза многоконтурных систем автоматического управления регулируемым электроприводом хорошо разработана для линейных систем. Синтез проводится для типовых структур подчиненного регулирования. При синтезе пренебрегаем влиянием обратной связи по ЭДС двигателя (показано пунктиром на рисунке 10)

Приводим систему к типовой структуре, двухконтурной схемы подчиненного регулирования с П–РЭ и ПИ–РТ, с внешним контуром скорости и внутренним контуром тока.

Оптимизация контура тока

Внутренний контур системы регулирования тока якоря включает в себя регулятор тока и объект регулирования, в который входят:

- тиристорный преобразователь,
- якорная цепь двигателя,
- датчик тока.

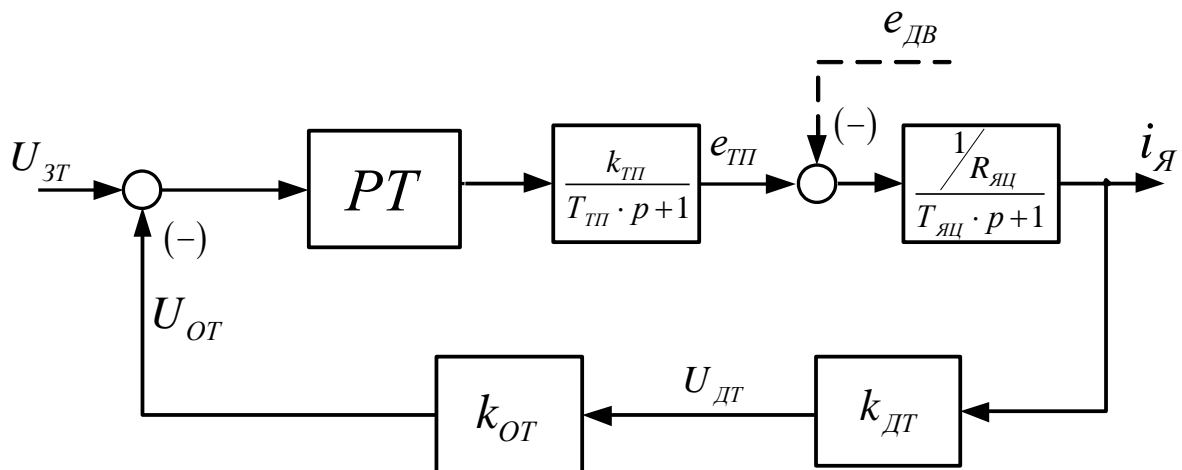


Рисунок 10 – Структурная схема контура регулирования тока

Контур тока настраиваем на модульный оптимум (M0)

Малая постоянная времени в контуре тока

$$T_{\mu T} = T_{TP} = 0,00167$$

Принимаем ПИ–регулятор с передаточной функцией

$$W(p)_{PT} = \kappa_{PT} \cdot \frac{T_{PT} \cdot p + 1}{T_{PT} \cdot p}$$

Требуемое значение коэффициента обратной связи по току двигателя определяется по выражению

$$k_T = \frac{U_{3T.МАКС}}{I_{Я.МАКС}} = \frac{10}{720} = 0,0139 \text{ В/А}.$$

Постоянная времени регулятора тока

$$T_{PT} = T_{ЯЦ} = 0,0488 \text{ с}.$$

Коэффициент усиления регулятора тока

$$k_{PT} = \frac{T_{ЯЦ} \cdot R_{ЯЦ}}{k_{ТП} \cdot k_T \cdot \alpha \cdot T_{\mu T}} = \frac{0,0488 \cdot 0,1178}{174 \cdot 0,0139 \cdot 2 \cdot 0,00167} = 0,712$$

где $\alpha_T=2$ – коэффициент оптимизации по МО.

Коэффициент входной цепи обратной связи регулятора тока

$$k_{OT1} = \frac{k_T}{k_{ДТ}} = \frac{0,0139}{0,0125} = 1,112$$

Передающая функция замкнутого оптимизированного контура тока по управлению имеет вид:

$$\begin{aligned} W(p)_{Т.ЗАМ} &= \frac{\frac{1}{\kappa_T}}{\alpha_M \cdot T_{\mu T} \cdot p \cdot (T_{\mu T} \cdot p + 1) + 1} = \frac{\frac{1}{\kappa_T}}{\alpha_M \cdot T_{\mu T}^2 \cdot p^2 + \alpha_M \cdot T_{\mu T} p + 1} = \\ &= \frac{\frac{1}{0,0139}}{2 \cdot 0,00167^2 \cdot p^2 + 2 \cdot 0,00167 \cdot p + 1} = \frac{71,94}{5,578 \cdot 10^{-6} \cdot p^2 + 3,34 \cdot 10^{-3} \cdot p + 1}. \end{aligned}$$

По выражению передаточной функции замкнутого оптимизированного контура тока рассчитаны с применением программы Matlab (см. рисунок 10)

Ожидаемые показатели качества работы замкнутого контура тока:

- установившаяся ошибка $\Delta I_{уст} = 0$;
- перерегулирование $\sigma = 4,3 \%$;
- время первого согласования $t_{py1}^{(5)} = 4,1 \cdot T_{\mu m} = 4,1 \cdot 0,00167 = 0,006847 \text{ с}$;

- время переходного процесса при отработке ступенчатого управляющего воздействия $t_{py2}^{(5)} = 4,1 \cdot T_{\mu m} = 0,006847c$;
- полоса пропускания по модулю и фазе

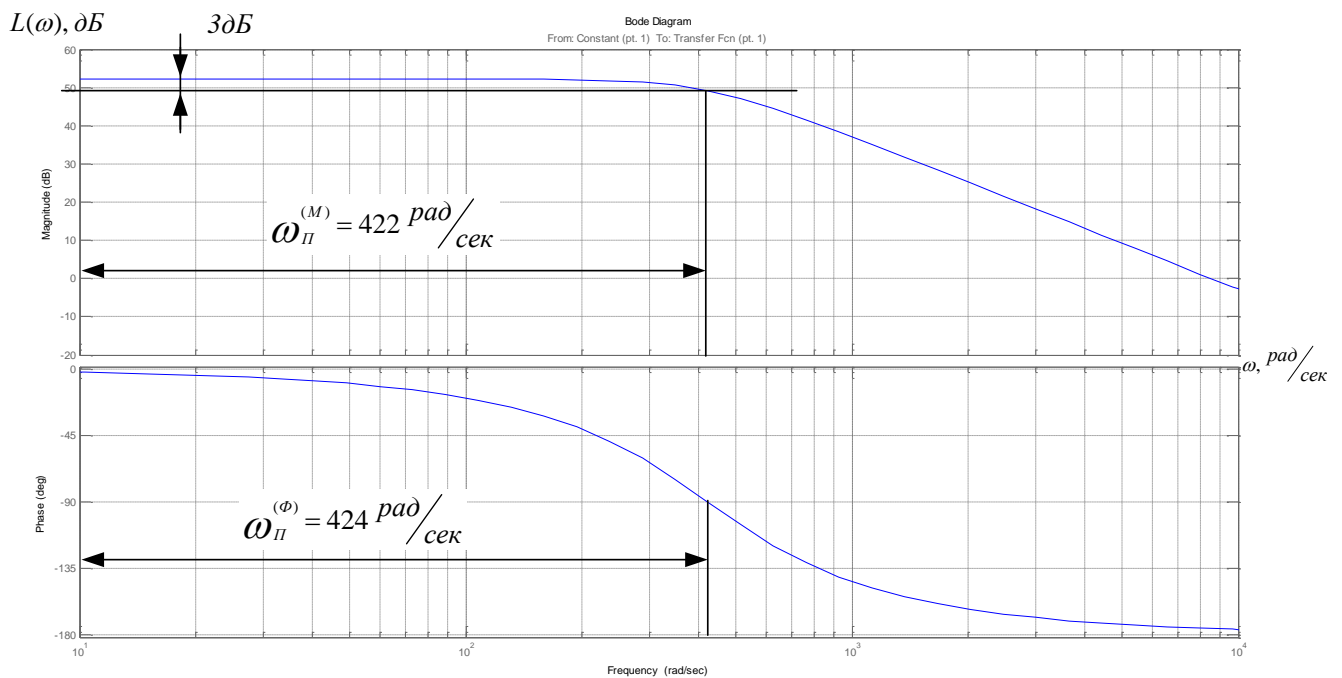


Рисунок 10 – ЛЧХ замкнутого контура тока

$$\omega_n^{(M)} = \omega_n^{(\Phi)} = \frac{0,71}{T_{\mu m}} = \frac{0,71}{0,00167} = 425,15 \text{ рад/с}$$

или

$$f_n^{(M)} = f_n^{(\Phi)} = \frac{\omega_n^{(\Phi)}}{2\pi} = \frac{425,15}{2\pi} = 67,67 \text{ Гц}.$$

По ЛЧХ замкнутого контура тока находим значение частоты пропускания контура

$$\omega_n^{(M)} = \omega_n^{(\Phi)} = 10^{2,625} = 422 \text{ рад/с}$$

или

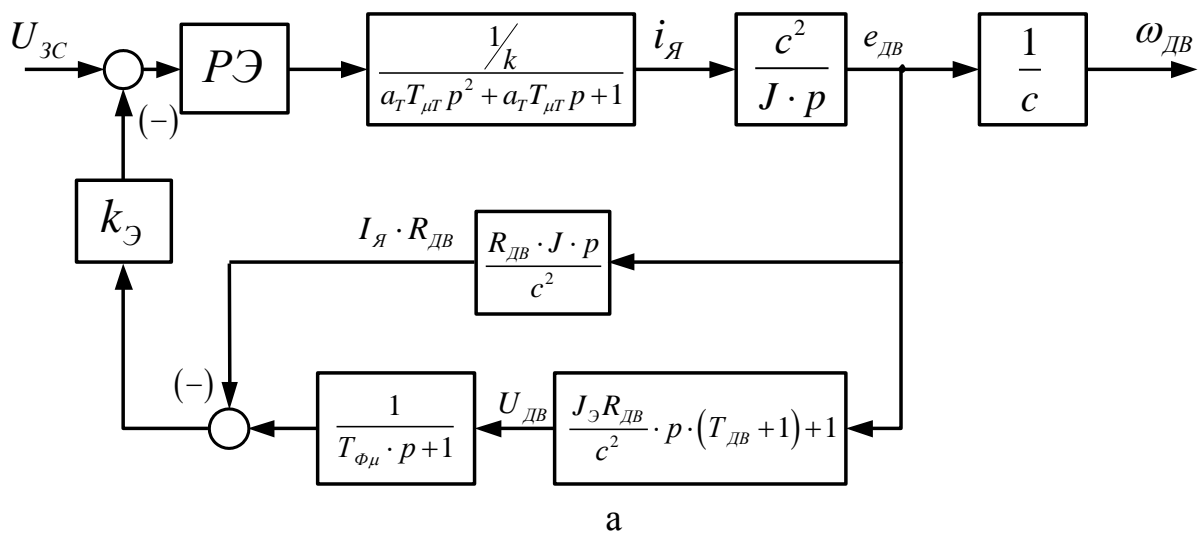
$$f_n^{(M)} = f_n^{(\Phi)} = \frac{\omega_n^{(\Phi)}}{2\pi} = \frac{422}{2\pi} = 67,163 \text{ Гц}.$$

Контур ЭДС

При отсутствии высоких требований к точности, поддержания скорости для электроприводов без регулирования потока возбуждения применяется обратная связь по ЭДС. Измерение ЭДС производится путем суммирования сигнала, пропорционального напряжению двигателя, с сигналом токовой компенсации, пропорциональным падению напряжения на активном сопротивлении якоря двигателя. Структурная схема, контура ЭДС приведена на рисунке 11а. Если в структурной схеме рис.11а замкнутый контур тока описать усеченный передаточной функцией и выполнить условие

$$k_{от2} = \frac{R_{дв} \cdot k_{дн}}{k_{дт}} = \frac{0,072 \cdot 0,02}{0,0125} = 0,1152.$$

то она преобразуется к виду, показанному на рисунке 15б, где должно быть принято $T_{\phi H} = T_{дв}$. Наличие апериодического звена в цепи обратной связи вызывает необходимость включения на входе системы такого же звена с постоянной времени $T_2 = T_{дв}$ для исключения повышенного перерегулирования тока при отработке управляющего воздействия.



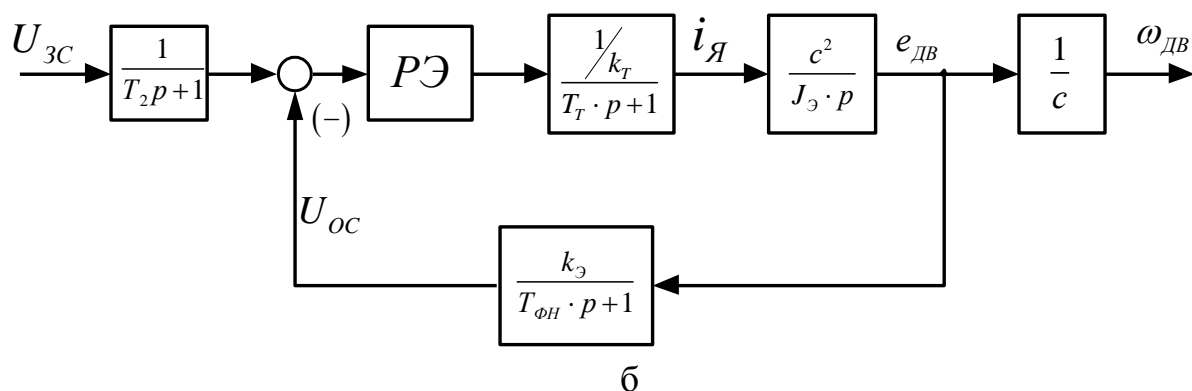


Рисунок 11 Структурная схема, контура ЭДС: а – исходная б – упрощенная.

Поскольку в контуре ЭДС имеется интегрирующее звено, то его можно оптимизировать по техническому (модульному) оптимуму применив П – регулятор с передаточной функцией

$$W(\rho)_{PЭ} = \kappa_{PЭ},$$

где

$$\kappa_{PЭ} = \frac{J_{Э2} \cdot \kappa_T}{\kappa_{Э} \cdot c^2 \cdot \alpha_{Э} \cdot T_{\mu Э}} = \frac{105,25 \cdot 0,0139}{0,0238 \cdot 8,036^2 \cdot 2 \cdot 0,0674} = 7,061$$

– коэффициент усиления регулятора ЭДС;

$$\kappa_{Э} = \frac{U_{3.МАКС}}{E_{ДВ.МАКС}} = \frac{10}{420,68} = 0,0238 \text{ – коэффициент обратной связи по ЭДС;}$$

$T_{\mu Э} = T_T + T_{фн} = 0,00334 + 0,064 = 0,0674c$ – малая постоянная времени контура ЭДС

$$T_T = \alpha_T \cdot T_{\mu T} = \alpha_T \cdot T_{ТП} = 2 \cdot 0,00167 = 0,00334c$$

– эквивалентная постоянная времени оптимизированного контура тока;

$\alpha_3=2$ – коэффициент оптимизации по МО контура ЭДС;

Коэффициент передачи входной цепи обратной связи регулятора ЭДС

$$K_{ОЭ} = \frac{K_{Э}}{K_{ДЭ} \cdot K_{ДН}} = \frac{0,0238}{1 \cdot 0,02} = 1,19,$$

где $K_{дЭ} = 1$ – коэффициент передачи датчика ЭДС.

Передаточная функция разомкнутого оптимизированного контура ЭДС и передаточная функция замкнутого по управлению контура с фильтром на входе, записанная относительно скорости двигателя имеет вид:

$$W(p)_{PA3} = \frac{1}{\alpha_{\varepsilon} \cdot T_{\mu\varepsilon} \cdot p \cdot (T_T \cdot p + 1) \cdot (T_{\Phi H} \cdot p + 1)} \approx$$

$$\approx \frac{1}{\alpha_{\varepsilon} \cdot T_{\mu\varepsilon} \cdot p \cdot [(T_T + T_{\Phi H}) \cdot p + 1]}$$

$$W(p)_{Y.3AM} = \frac{\frac{1}{k_{\varepsilon} \cdot C}}{\alpha_{\varepsilon} \cdot T_{\mu\varepsilon} \cdot p \cdot (T_T \cdot p + 1) \cdot (T_{\Phi H} \cdot p + 1) + 1} \approx$$

$$\approx \frac{\frac{1}{k_{\varepsilon} \cdot C}}{\alpha_{\varepsilon} \cdot T_{\mu\varepsilon} \cdot p \cdot [(T_T + T_{\Phi H}) + 1] + 1}$$

Ожидаемые показатели качества работы контура с фильтром на входе в первом приближении:

$\sigma = 4,3\%$ – перерегулирование,

$t^{(5)}_{PY1} = t^{(5)}_{PY2} = 4,1 \cdot T_{\mu\varepsilon} = 4,1 \cdot 0,0674 = 0,276$ с – время первого вхождения в 5% зону и время переходного процесса при отработке ступенчатого входного воздействия;

$\omega_{\Pi}^{(M)} = \omega_{\Pi}^{(\Phi)} = \frac{1}{\sqrt{2} \cdot T_{\mu\varepsilon}} = \frac{0,71}{0,0674} = 10,53$ рад/с – полоса пропускания по модулю и по фазе.

По выражению передаточной функции замкнутого контура скорости

$$W_{\varepsilon}(p)_{зам} = \frac{5,24}{2,8814848 \cdot 10^{-5} \cdot p^3 + 9,077432 \cdot 10^{-3} \cdot p^2 + 0,1348 \cdot p + 1}$$

рассчитаны с помощью прикладной программы Matlab рассчитаны ЛЧХ (см рисунок 12).

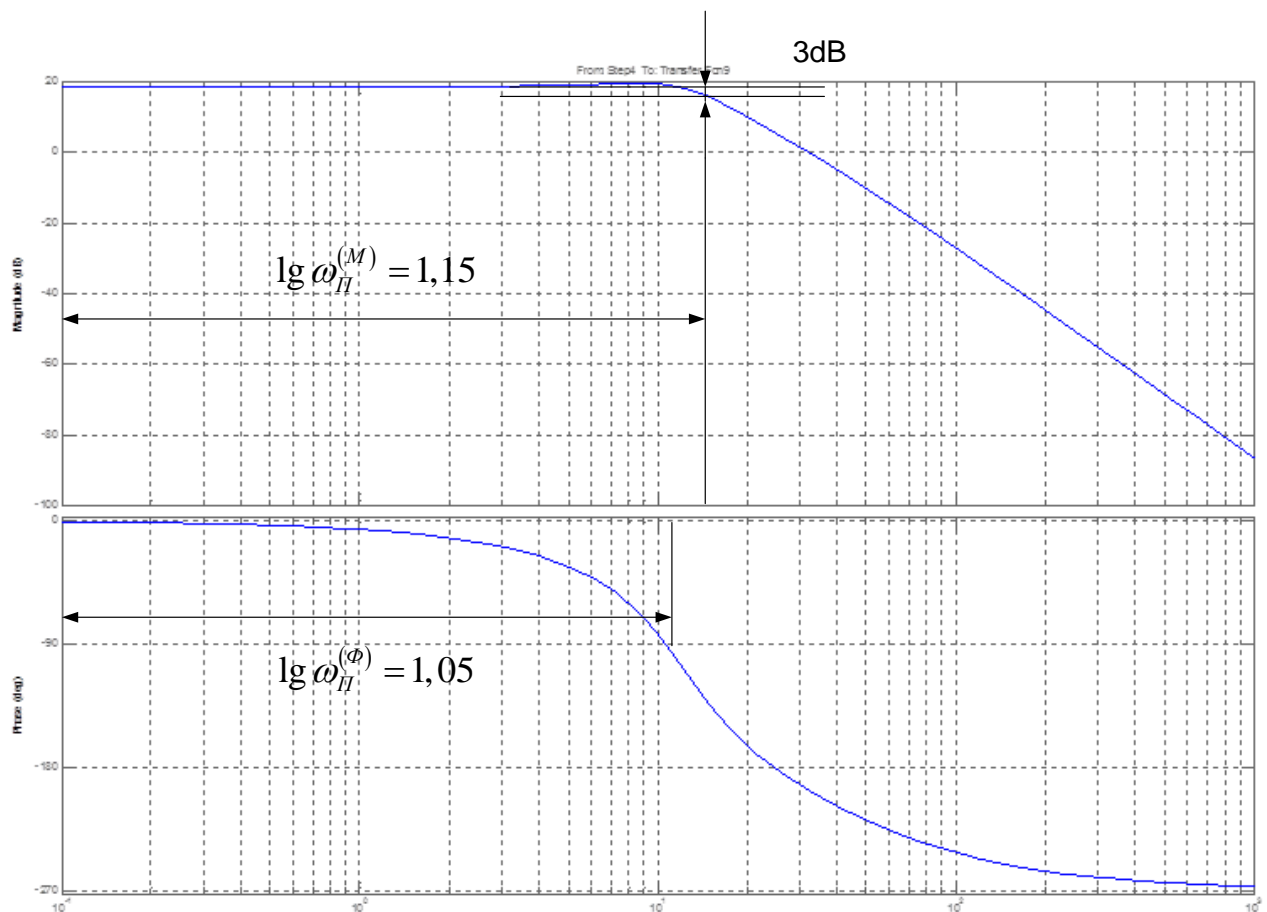


Рисунок 12 ЛАЧХ замкнутого контура ЭДС..

$$\omega_{\Pi}^{(M)} = 10^{1,15} = 14,13 \text{ рад/с}$$

$$f_{\Pi}^{(M)} = \frac{\omega_{\Pi}}{2\pi} = \frac{14,13}{6,283} = 2,25 \text{ Гц}$$

$$\omega_{\Pi}^{(\phi)} = 10^{1,05} = 11,22 \text{ рад/с}$$

$$f_{\Pi}^{(\phi)} = \frac{\omega_{\Pi}}{2\pi} = \frac{11,22}{6,283} = 1,79 \text{ Гц}$$

Ожидаемые ориентировочные показатели качества работы контура ЭДС..
(скорости) по управлению:

-статическая ошибка

$$\Delta \omega_{y.уст} = 0;$$

-полоса пропускания по фазе и модулю

$$\omega_n^{(M)} = \omega^{(\phi)} = \frac{0,71}{T_{\mu\epsilon}} = \frac{0,71}{0,05434} = 13,06 \text{ рад/с};$$

-показатели отработки ступенчатого задания скорости

$\sigma = 4,3\%$ -перерегулирование,

-время первого и окончательного вхождения в 5% зону установившегося значения скорости

$$t_{py1}^{(5)} = t_{py2}^{(5)} = 4,1 \cdot T_{\mu\epsilon} = 4,1 \cdot 0,05434 = 0,22 \text{ с}$$

Структурная схема контура ЭДС по возмущению приведена на рисунке 13

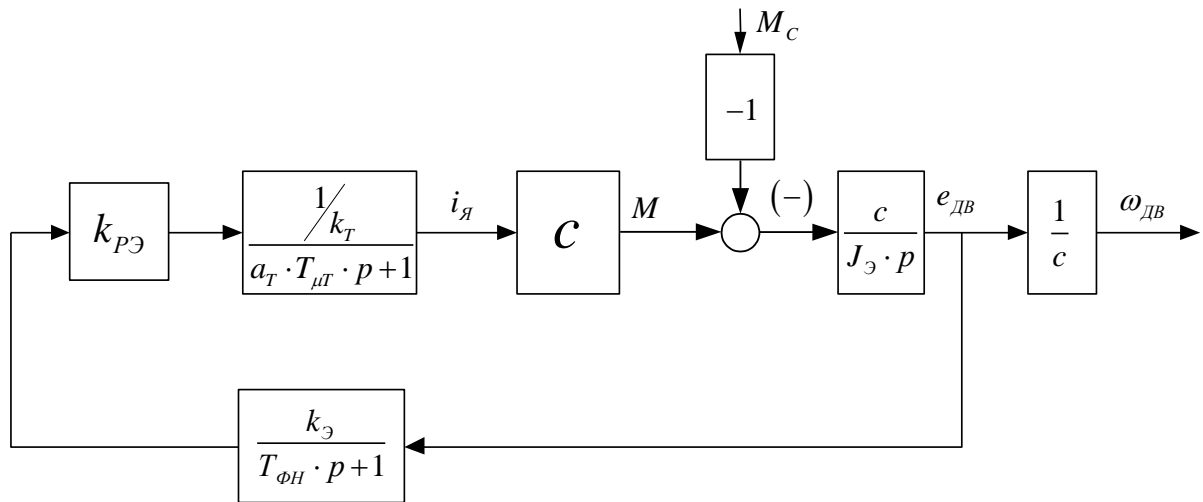


Рисунок 13 – Структурная схема контура ЭДС по возмущению

Передаточная функция замкнутого контура ЭДС по возмущению, записанная относительно скорости, имеет вид

$$W(p)_{B.3AM} = \frac{\frac{\alpha_{\epsilon} \cdot T_{\mu\epsilon}}{J_{\epsilon}} \cdot (T_T \cdot p + 1) \cdot (T_{\phi H} \cdot p + 1)}{\alpha_{\epsilon} \cdot T_{\mu\epsilon} \cdot p \cdot (T_T \cdot p + 1) \cdot (T_{\phi H} \cdot p + 1) + 1}$$

После подстановки численных значений

$$\begin{aligned} W(p)_{B.3AM} &= \frac{\frac{2 \cdot 0,0674}{105,25} \cdot (0,00334 \cdot p + 1)(0,064 \cdot p + 1)}{2 \cdot 0,0674 \cdot p \cdot (0,00334 \cdot p + 1)(0,064 \cdot p + 1) + 1} = \\ &= \frac{2,737752 \cdot 10^{-7} \cdot p^2 + 8,62464 \cdot 10^{-5} \cdot p + 0,00128076}{2,8814848 \cdot 10^{-5} \cdot p^3 + 9,077432 \cdot 10^{-3} \cdot p^2 + 0,1348 \cdot p + 1} \end{aligned}$$

Установившаяся ошибка контура по возмущению

$$\Delta \omega_{B.YCT} = \frac{\alpha_{\epsilon} \cdot T_{\mu\epsilon}}{J_{\epsilon}} \cdot \Delta M_C.$$

При $\Delta M_C = M_{дв.H} = 2100 \text{ Н} \cdot \text{м}$

$$\Delta \omega_{B.YCT} = \frac{2 \cdot 0,0674}{105,25} \cdot 2100 = 2,69 \text{ рад/с}$$

– установившееся значение провала или всплеска угловой скорости привода при набросе или сбросе нагрузки $\Delta M_c = M_{двн} = 2100 \text{ Нм}$

Динамические и статические показатели системы с обратной связью по ЭДС зависят от величины $T_{дв}$ и чем она меньше, тем они будут ближе к показателям системы с обратной связью по скорости.

2.6 Расчет статических характеристик РЭП и погрешности скорости при изменении нагрузки

Структурная схема электропривода для режима стабилизации скорости (ЭДС) приведена на рисунок 14.

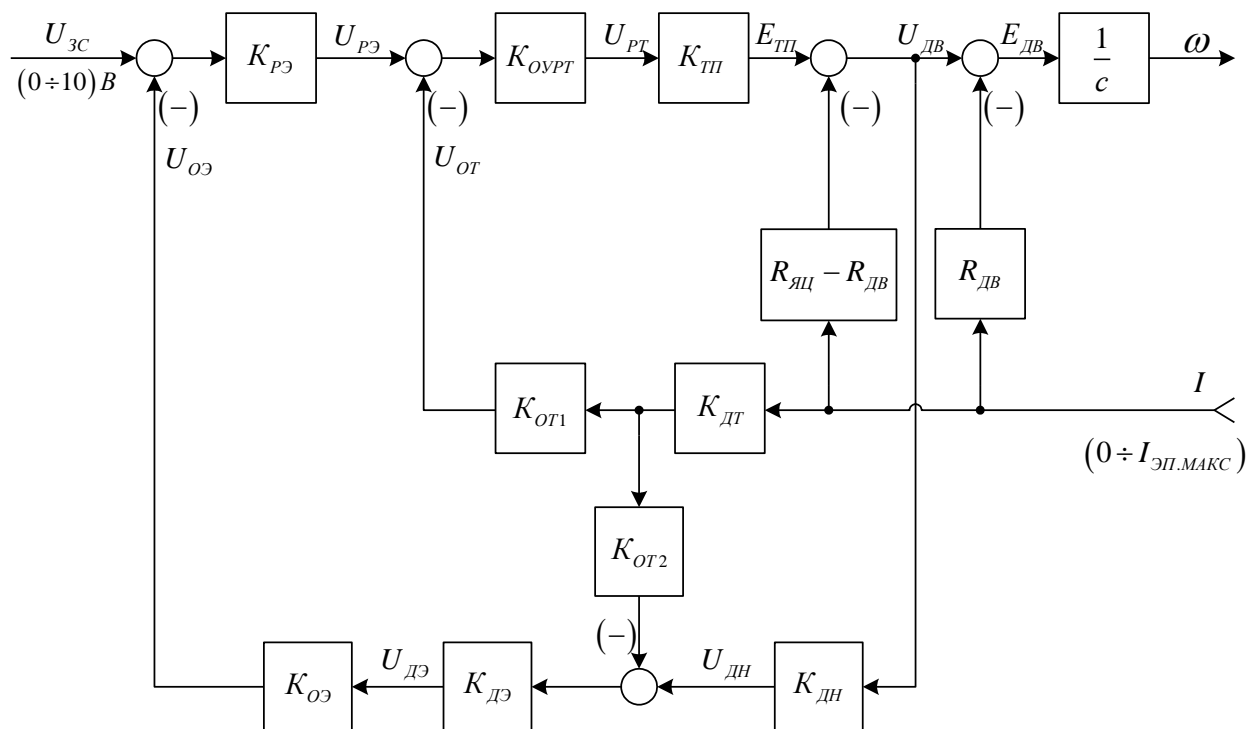


Рисунок 14 – Структурная схема электропривода для режима стабилизации скорости

Если настройка контуров выполнена в соответствии с изложенной ранее методикой, то схема рисунке 14 упрощается и принимает вид, приведённый на рисунке 15.

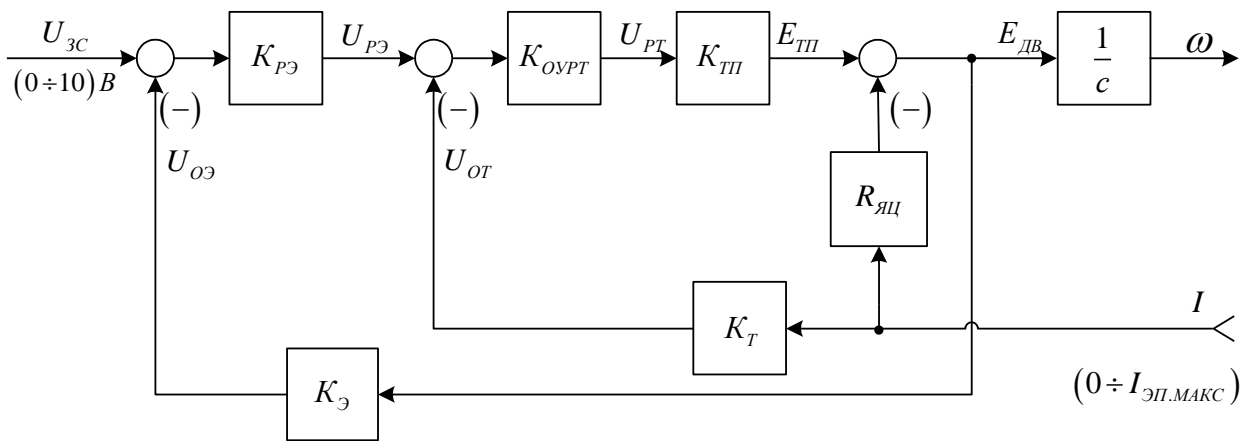


Рисунок 15 – Преобразованная структурная схема электропривода для режима стабилизации скорости

Схема рисунке 14 описывается следующей системой уравнений:

$$U_{P3} = k_{P3}(U_{3C} - U_{O3});$$

$$U_{O3} = k_{Э} \cdot E_{ДВ}(U_{3C} - U_{O3});$$

$$U_{PT} = k_{OY.PT} \cdot (U_{P3} - U_{OT});$$

$$E_{ПП} = k_{ПП} \cdot U_{PT};$$

$$E_{ДВ} = E_{ПП} - R_{ЯЦ} \cdot I;$$

$$\omega = \frac{E_{ДВ}}{C},$$

где $k_{OY.PT} = 20000$ - коэффициент усиления операционного усилителя, на котором реализован ПИ-РТ.

Решив систему уравнений относительно ω найдём уравнение для статической (электромеchanической) характеристики привода в режиме стабилизации скорости

$$\omega(I) = \frac{k_{ПП} \cdot k_{OY.PT} \cdot k_{P3}}{1 + k_{ПП} \cdot k_{OY.PT} \cdot k_{P3} \cdot k_{Э}} \cdot \frac{U_{3C}}{c} - \frac{R_{ЯЦ} \cdot I}{c} \cdot \frac{1 + \frac{k_{ПП} \cdot k_{OY.PT} \cdot k_T}{R_{ЯЦ}}}{1 + k_{ПП} \cdot k_{OY.PT} \cdot k_{P3} \cdot k_{Э}}$$

Подставив численные значения получим:

$$\begin{aligned} \omega(I) &= \frac{174 \cdot 2 \cdot 10^4 \cdot 7,061}{1 + 174 \cdot 2 \cdot 10^4 \cdot 7,061 \cdot 0,0238} \cdot \frac{U_{3C}}{8,036} - \frac{0,1178 \cdot I}{8,036} \cdot \frac{1 + \frac{174 \cdot 2 \cdot 10^4 \cdot 0,0139}{0,1178}}{1 + 174 \cdot 2 \cdot 10^4 \cdot 7,061 \cdot 0,0238} = \\ &= \omega_0(U_{3C}) - \Delta\omega(I) = 5,228 \cdot U_{3C} - 0,0103 \cdot I. \end{aligned} \quad (2)$$

Статическая ошибка по управлению

$$\Delta\omega_{уст} = \omega_{зд} - \omega_{уст} = \frac{U_{3с}}{k_{э} \cdot c} - 5,228 \cdot U_{3с} = 0.$$

Погрешность скорости электропривода при изменении нагрузки в % определяется по выражению

$$\Delta n = \frac{\omega_0(U_{3с}) - \omega(I_{дв.н})}{\omega_0(U_{3с}) + \omega(I_{дв.н})} \cdot 100\% = \frac{\Delta\omega(I_{дв.н})}{\omega_0(U_{3с}) + \omega(I_{дв.н})} \cdot 100\% \quad (3)$$

При увеличении нагрузки скорость двигателя уменьшается и напряжение регулятора ЭДС увеличивается. Как только регулятор ЭДС входит в насыщение, отрицательная обратная связь по ЭДС переходит в режим стабилизации тока. Структурная схема электропривода для этого режима приведена на рис.16.

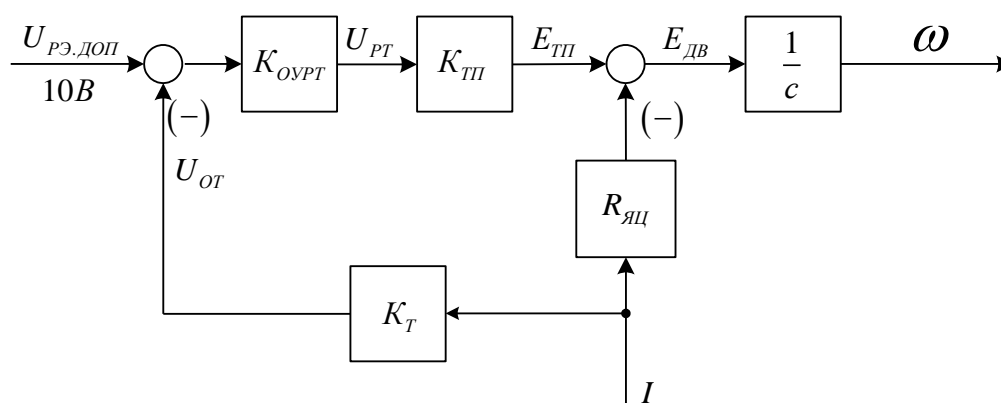


Рисунок 16 – Структурная схема электропривода для режима стабилизации тока
Схема рис.16 описывается следующей системой уравнений:

$$U_{РТ} = (U_{РЭ.ДОП} - U_{ОТ}) \cdot K_{ОУ.РТ};$$

$$U_{ОТ} = K_T \cdot I;$$

$$E_{ТП} = K_{ТП} \cdot U_{РТ};$$

$$I = \frac{E_{ТП} - E_{ДВ}}{R_{ЯЦ}};$$

$$E_{ДВ} = C \cdot \omega.$$

Из совместного решения системы уравнений найдем выражение для статической характеристики электропривода в режиме стабилизации тока

$$I(\omega) = \frac{k_{OY.PT} \cdot k_{ТП}}{R_{ЯЦ} + k_{OY.PT} \cdot k_{ТП} \cdot k_T} \cdot U_{PЭ.ДОП} - \frac{c \cdot \omega}{R_{ЯЦ} + k_{ТП} \cdot k_{OY.PT} \cdot k_T}.$$

После подстановки численных значений получим:

$$I(\omega) = \frac{2 \cdot 10^4 \cdot 174}{0,1178 + 2 \cdot 10^4 \cdot 174 \cdot 0,0139} \cdot U_{PЭ.ДОП} - \frac{8,036 \cdot \omega}{0,1178 + 174 \cdot 2 \cdot 10^4 \cdot 0,0139} =$$

$$= I(\omega = 0) - \Delta I(\omega) = 71,942 \cdot U_{PЭ.ДОП} - 1,661 \cdot 10^{-4} \cdot \omega. \quad (4)$$

Точность стабилизации тока при изменении скорости двигателя

$$\Delta \omega = \frac{\Delta I(\omega_{ЭП.МАКС})}{I(\omega = 0)} \cdot 100\%. \quad (5)$$

Задаваясь рядом значений тока I по выражению (2) рассчитаем статические характеристики привода для нескольких значений $U_{ЗС}$. Погрешность скорости от изменения нагрузки определяем по (3). Расчёты сводим в таблицу 9.

Таблица 9

$U_{ЗС}, В$	$\omega, рад/с$			$\Delta n, \%$
	$I = 0 А$	$I_{ДВ.Н} = 274 А$	$I_{ЭП.МАКС} = 720 А$	
10	52,286	49,465	44,875	2,772
8	41,829	39,008	34,418	3,489
6	31,371	28,551	23,961	4,706
4	20,914	18,094	13,503	7,23
2	10,457	7,637	3,046	15,586

Задаваясь рядом значений скорости ω по выражению (4) рассчитаем статическую характеристику привода в режиме стабилизации тока. Погрешность поддержания допустимого тока определяем по (5). Результаты расчёта приведены в таблице 10.

Таблица 10

$\omega, рад/с$	0	$\omega_{ЭП.МАКС} = рад/с$	$\Delta n, \%$
$I, А$	719,998	719,99	$1,177 \cdot 10^{-3}$

Электромеханические характеристики электропривода приведены на рисунке 17.

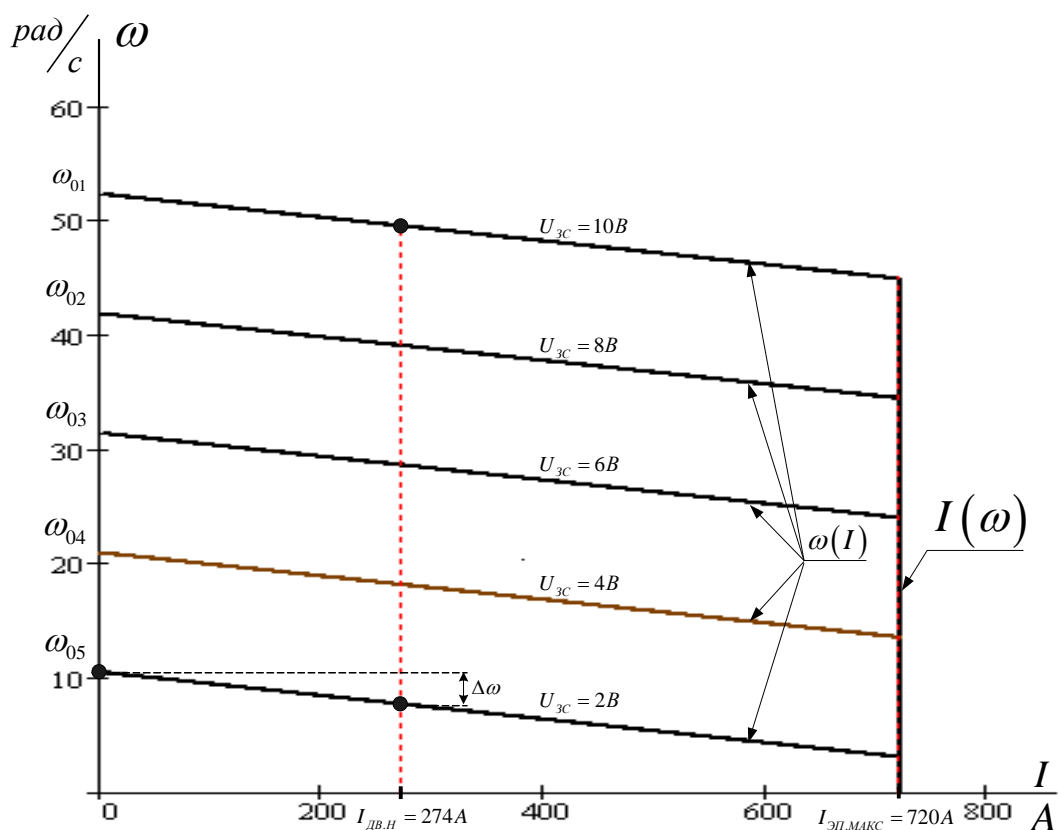


Рисунок 17 – Статические характеристики электропривода

2.7 Структурная схема нелинейной САУ РЭП

Получение достоверных качественных и особенно количественных характеристик поведения реальной системы автоматизированного электропривода конкретного производственного механизма требует максимального учета особенностей работы, как в целом электропривода, так и его отдельных элементов. В первую очередь это учет особенностей тиристорного преобразователя (дискретное полууправляемое устройство с конкретным способом управления и законом согласования регулировочных характеристик групп вентиляй) и элементов систем электропривода с нелинейными характеристиками (СИФУ, регуляторы, обратные связи, нагрузки реактивного характера, кинематические цепи и т.д.),

параметров электрической и механической систем, зависящих от времени и других параметров (индуктивность силовой цепи, момент инерции и т.д.).

Структурная схема нелинейной САУ электропривода

Основными нелинейностями схемы электропривода являются:

- насыщение регуляторов $U_{р\text{эмакс}}=10\text{В}$, $U_{р\text{тмакс}}=10\text{В}$;
- насыщение тиристорного преобразователя, вызванное ограничением минимального угла управления,

$$E_{\text{ТП.МАКС}} = E_{d0} \cdot \cos \alpha_{\text{МИН}} = 553,9 \cdot \cos 25^\circ = 502, \text{В}$$

- реактивный характер момента сил трения

$$M_c(\omega) = M_c \cdot \text{sign} \omega;$$

- токоограничение, которое осуществляется ограничением входного напряжения регулятора ЭДС

$$U_{р\text{э.ДОП}} = K_T \cdot I_{\text{ЭП.МАКС}} = 0,0125 \cdot 720 = 10, \text{В};$$

- специфические особенности тиристорного преобразователя.

Структурная схема нелинейной РЭП электропривода приемного рольганга приведена на рисунке 18. Параметры структурной схемы приведены в таблице 11.

Таблица 11 – Параметры элементов структурной схемы САУ ЭП

$T_{\text{фн}}$	$K_{\text{рэ}}$	$K_{\text{рт}}$	$T_{\text{тп}}$	$K_{\text{тп}}$	$T_{\text{тп}}$	$1/R_{\text{яц}}$	$R_{\text{яц}}$	$T_{\text{яц}}$
с			с		с		Ом	с
0,064	7,061	0,712	0,0016 7	174	0,00167	8,49	0,1178	0,0488
$T_{\text{зит}}$	$R_{\text{дв}}$	$T_{\text{дв}}$	$K_{\text{дн}}$	$K_{\text{дт}}$	$K_{\text{от1}}$	$T_{\text{зис}}$	$K_{\text{дэ}}$	$K_{\text{оз}}$

с	Ом	с		$\frac{B}{A}$		с		
0,0263	0,072	0,064	0,02	0,0125	1,112	1,5	1	1,19
$e_{2\text{МАКС}}$	K_{yO}	M_X	M_C	$M_{C.B}$	$L_{яц}$	$L_{дв}$	$E_{ТП\text{МАКС}}$	C
В		Ѕ · ѓ	Ѕ · ѓ	Ѕ · ѓ	мГн	мГн	В	В*с/рад
578,9	0,475	456,3	137	2470,3	5,752	4,6	502	8,036
T_{pt}		$K_{от2}$		$J_{\text{Э1}}$		$J_{\text{Э2}}$		
с				$\hat{e}\tilde{a} \cdot \hat{i}^2$		$\hat{e}\tilde{a} \cdot \hat{i}^2$		
0,0488		0,1152		73,25		105,25		

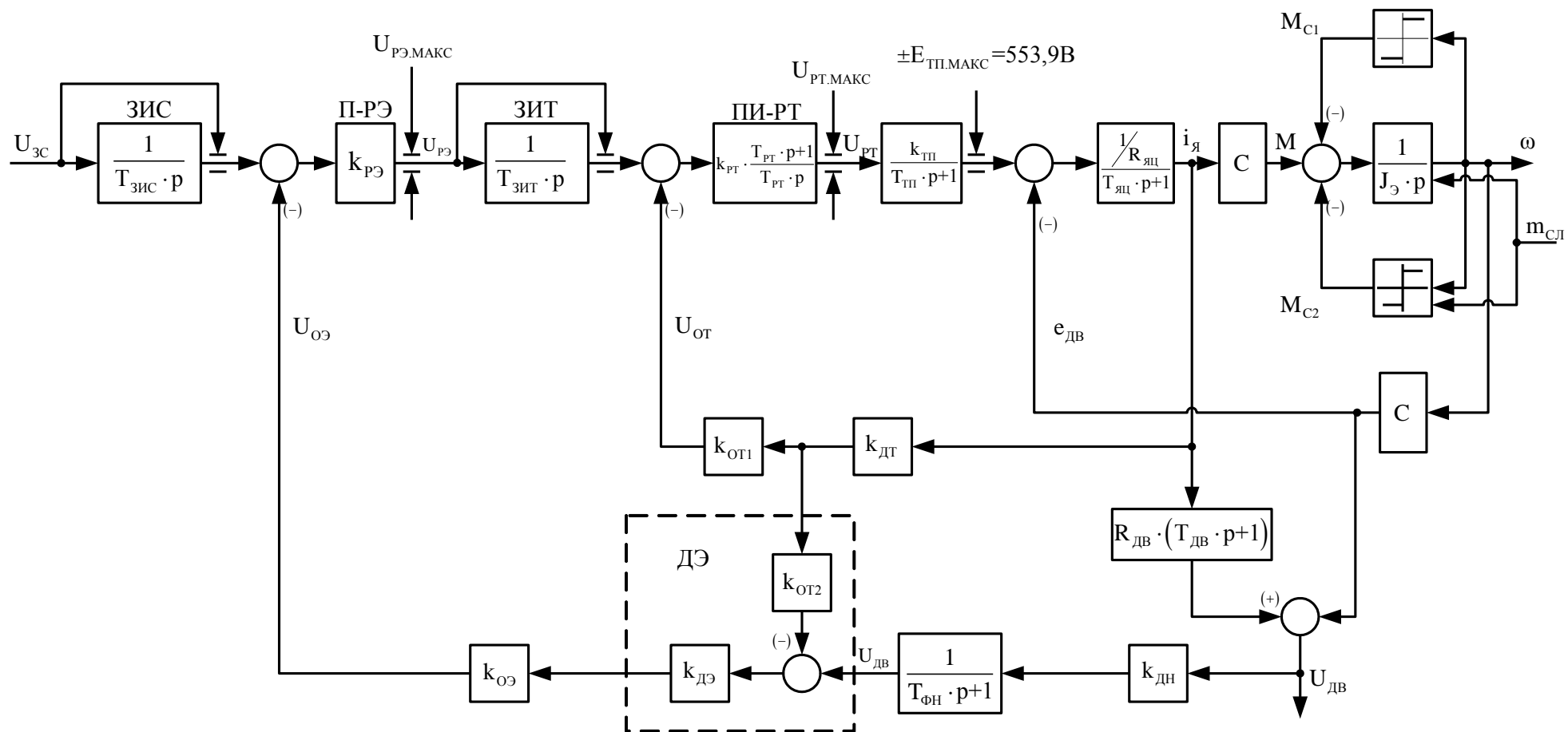


Рисунок 18 – Структурная схема нелинейной САР РЭП

2.8 Расчет переходных процессов

Расчет переходных процессов в системах регулируемого однофазного электропривода постоянного тока нелинейной САУ РЭП преобразователь непрерывный, выполненного по структурной многоконтурной схеме с последовательной коррекцией, выполняется на ЭВМ по программе Matlab.

Программа воспроизводится методом имитационного численного моделирования переходных процессов в аналоговых нелинейных системах регулируемого электропривода при типовых задающих и возмущающих воздействиях. Она позволяет в широких пределах варьировать структуру и значения параметров элементов САУ, выводить результаты расчетов в виде графиков, по которым определяются динамические качества.

Схема набора представлена на рисунке 19.

Диаграммы цикла работы электропривода приёмного рольганга представлена на рисунке 20.

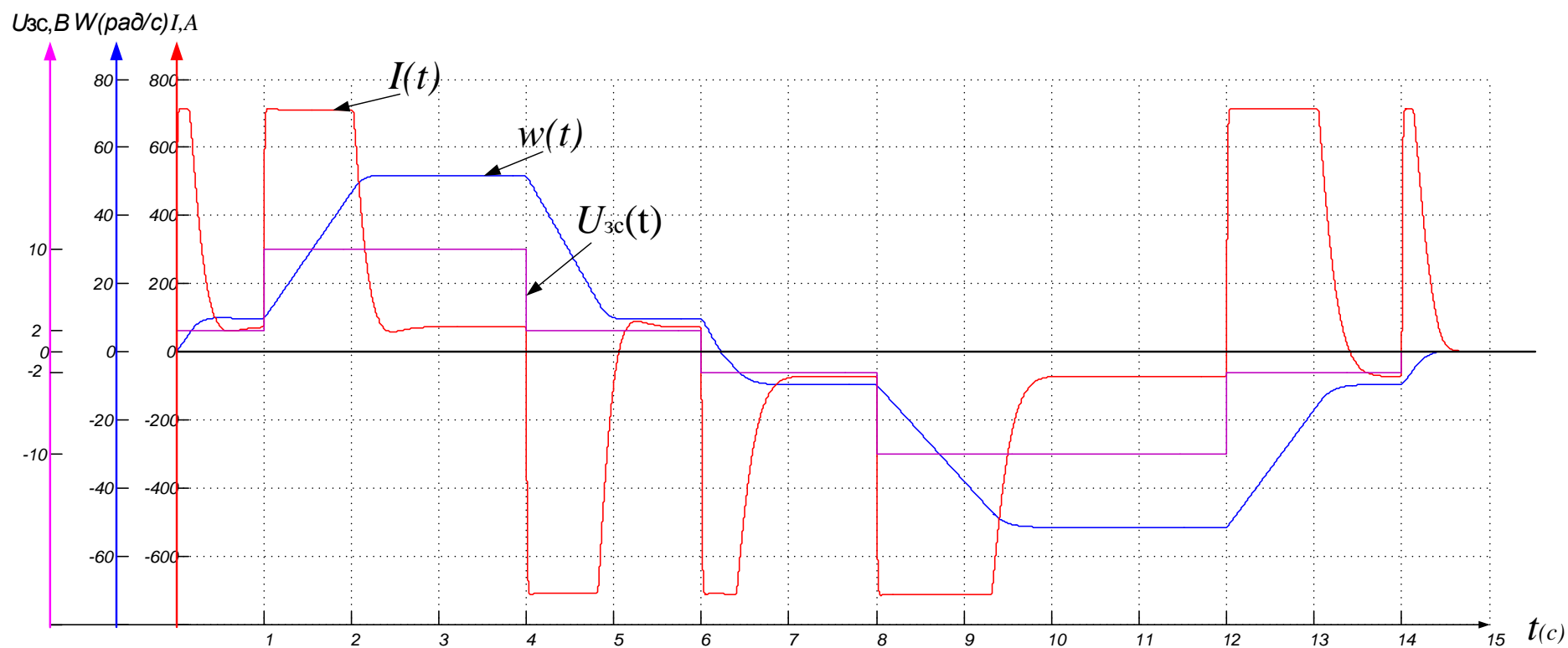


Рисунок 20 – Диаграммы цикла работы электропривода приёмного рольганга

2.9. СИСТЕМА ЗАЩИТ И СИГНАЛИЗАЦИИ

Система защит и сигнализации предназначена для комплектного тиристорно-го электропривода при аварийных режимах привода и сигнализации: при аварийных отключениях дифференциального по видам защит, при появлении сигналов неисправности по каналам предупредительной сигнализации, о состоянии основных коммутационных аппаратов, о наличии силового напряжения и напряжения собственных нужд, о готовности электропривода к работе, а также обеспечения блокировки включения электропривода при неправильных действиях обслуживающего персонала.

Система защит и сигнализации (СЗС) электропривода приемного рольганга обеспечивает следующие виды защит:

- от внутренних коротких замыканий;
- при превышении мгновенного значения тока предельной величины;
- при аномальных режимах сети собственных нужд;
- при опрокидывании и прорыве инвертора;
- при аварийной перегрузке тириستоров по среднеквадратичному току;
- при исчезновении и недопустимом снижении силового напряжения;
- при недопустимом превышении напряжения на якоре двигателя;
- от перегрузки двигателя, превышающей величину, заданному в течении определенного времени - до 20с (при недопустимом времени стоянки двигателя под током);
- при неисправности источников питания;
- при превышении допустимой скорости вращения электродвигателя;
- При срабатывании защит во всех случаях выдается дифференцированный световой сигнал сигнализации первой неисправности с последующим запоминанием каждого сигнала.

Система защит и сигнализации имеет индикацию:

- о положении автоматических выключателей на стороне постоянного и переменного тока;

- о наличии силового напряжения и напряжения собственных нужд;
- о готовности электропривода к работе;
- об аварийном отключении дифференцированно по видам защит и срабатывания устройства динамического торможения;
- о появлении неисправности, привлекающей внимание обслуживающего электротехнического персонала.

Комплектный тиристорный электропривод имеет следующие блокировки:

- блокировку включения КТЭ при наличии любого аварийного сигнала;
- блокировку включения КТЭ на вращающийся электродвигатель;
- блокировку от включения электродвигателя на преобразователь при наличии напряжения на входных зажимах преобразователя;
- блокировку при неправильной сборке схемы электропривода.

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»

Группа	ФИО
3-5ГЗБ2	Бакиров Маскат Абудгани

Институт	ИШЭ	Кафедра	ЭПЭО
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	Электроэнергетика и электротехника

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:

1. Стоимость ресурсов проектных работ
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов
3. Используемая система налоговых отчислений

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Оценка коммерческого потенциала и перспективности выполнения технического проекта;
2. Планирование проектно-конструкторских работ;
3. Планирование сметы технического проекта;

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей)

1. График выполнения работ исполнителями ТП (диаграмма Ганта)
2. Матрица SWOT

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	
--	--

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Попова Светлана Николаевна	Кандидат экономических наук		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-5ГЗБ2	Бакиров Маскат Абудгани		

3. ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ

Темой дипломного проекта является «электропривод приемного рольганга стана 1250 обжимного цеха (блюминга) ЗСМК». Цель работы – разработка реверсивного электропривода приемного рольганга стана 1250 обжимного цеха (блюминга) ЗСМК.

В результате проекта была разрабатывается система электропривода рольганга, отвечающая поставленным производственным целям и требованиям. Реализация этих требований осуществляется на основе применения новейших технических средств: тиристорных преобразователей, систем подчиненного регулирования на базе унифицированной блочной системы регуляторов (УБСР), бесконтактных логических элементов и других высокоэффективных средств управления.

Целью раздела «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» является определение перспективности и успешности проекта, оценка его эффективности, разработка механизма управления и сопровождения конкретных проектных решений на этапе реализации.

Для достижения обозначенной цели необходимо решить следующие задачи:

- ☐ провести комплексный анализ проекта;
- ☐ провести конкурентный анализ вводимого в эксплуатацию оборудования;
- ☐ осуществить планирование этапов выполнения проекта;
- ☐ рассчитать сметную стоимость на реализацию проекта;
- ☐ произвести оценку экономической эффективности НТП.

3.1 Инициализация проекта и его технико-экономическое обоснование

3.1.1 Потенциальные потребители результатов проектирования

Прокатные станы являются важнейшими технологическими системами в металлургической промышленности. Электропривод приемного рольганга является неотъемлемой частью процесса проката. Так же как и к электроприводу прокатного стана, к электроприводу рольганга предъявляются высокие требования.

Заказчиком проекта является ОАО «Евраз ЗСМК». Проект осуществляется в рамках модернизации прокатного стана 1250.

В дальнейшем результаты могут быть использованы как основа для типовых проектов по модернизации и разработке электропривода приемных рольгангов на различных металлургических предприятиях, поэтому можно говорить, что в дальнейшем проект имеет коммерческий потенциал. Таким образом, потенциальными потребителями результатов этого проекта являются предприятия металлургической промышленности, расположенные на территории Российской Федерации.

3.1.2 Анализ конкурентных технических решений

Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения позволяет провести оценку сравнительной эффективности научной разработки и определить направления для ее будущего повышения.

Целесообразно проводить данный анализ с помощью оценочной карты (см. табл.2).

При разработке электропривода для приемных рольгангов разработчик руководствовался следующими соображениями: для механизма рольгангов

необходим высокий пусковой момент, высокая точность и быстродействие. Поэтому наиболее рационально использовать систему питания на постоянном токе. Рассматривались варианты использования преобразовательных устройств: транзисторный преобразователь – двигатель и тиристорный преобразователь – двигатель.

1. Комплектный тиристорный преобразователь КТЭ-320/440-132-1-УХЛ-4КТЭ–номинальное выпрямленное напряжение – 440 В, номинальный выпрямленный ток – 320 А; Стоимость – 485600 руб.;
2. Привод постоянного тока ABB DCS-800-S01-2050-06/07 - номинальное выпрямленное напряжение – 440 В, номинальный выпрямленный ток – 350 А; Необходимо дополнительно приобретать модуль для связи с системой АСУ ТП прокатного стана; Стоимость – 657000 руб.;
3. Привод постоянного тока Simoreg DC Master 6RA7081-6DV62-0 - номинальное выпрямленное напряжение – 440 В, номинальный выпрямленный ток – 400 А; Необходимо дополнительно приобретать модуль для связи с системой АСУ ТП прокатного стана; Стоимость – 645000 руб.;

Производим выбор варианта с использованием метода экспертных оценок.

Для проведения оценки выбраны следующие показатели: *технические*– производительность, помехозащищенность, точность, плавность протекания процессов, степень стандартизации и унификации, удобство управления, шум при работе и *экономические* – капитальные вложения, затраты на эксплуатацию, надежность.

По выбранным критериям с помощью экспертов необходимо присвоить коэффициент весомости, отражение их важности.

По каждому критерию необходимо установить оценку степени обеспечения (см. табл.2):

Таблица 12 – Оценка степени обеспечения

Цели	низкий	средний	высокий (выше средней)
Уровень цели Оценка обеспечения цели	1.0	0.5	0

Таблица 13 - Сравнительная характеристика электроприводов

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Примечание
		1	2	3	
1	2	3	4	5	4
Технические критерии оценки ресурсоэффективности					
1. Производительность	1	0	0	0	Разная у всех компонентов, но у всех устройств достаточная
2. Помехозащищенность	0,5	0,5	0	0	
3. Точность	0,5	0	0	0	
4. Плавность протекания процессов	0,5	0	0	0	
5. Удобство встройки	0,2	0	0,5	0,5	Дополнительные затраты на модуль связи
6. Степень стандартизации унификации	0,3	0	0,5	0,5	Специальный модуль связи
7. Удобство управления	0,5	0,5	0	0	
8. Шум при работе	0,1	0,5	0,5	0,5	
Экономические критерии оценки эффективности					
9. Капитальные вложения	1	0	0,5	0,5	
10. Затраты на эксплуатацию	0,8	0	0,5	0,5	
11. Надежность	0,8	0,5	0	0	
Итого		0,95	1,2	1,2	

Несмотря на то, что привода 2 и 3 немного надежнее и удобнее в управлении, но необходимы дополнительные эксплуатационные затраты связанные с обучением персонала для работы с новым иностранным оборудованием, так же не исключена вероятность в необходимости сервисного обслуживания со стороны производителя. Привод 1 уступает по удобству управления, но с данным оборудованием персонал обучен работать, так же привод 1 имеет преимущество по капитальным вложениям. Применение

привода 1 не связано с дополнительные затраты по внедрение в систему АСУ ТП проката. Выбираем комплектный тиристорный электропривод КТЭ-320/440-132-1-УХЛ-4КТЭ.

3.1.3 Определение научно-технической эффективности проекта

Для оценки научной ценности, технической значимости и эффективности проекта необходимо: рассчитать коэффициент научно-технического уровня. Коэффициент НТУ рассчитывается при помощи метода балльных оценок, в котором каждому из признаков НТУ присваивается определенное число баллов по принятой шкале. Общую оценку приводят по сумме баллов по всем показателям с учетом весовых характеристик. Общая оценка рассчитывается по формуле 1

$$, HTU = \sum_{i=1}^n k_i \cdot P_i \quad (1)$$

где k_i – весовой коэффициент i – го признака;

P_i – количественная оценка i – го признака.

Таблица 14 – Весовые коэффициенты НТУ

Признаки НТУ	Весовой коэффициент
Уровень новизны	0.5
Теоретический уровень	0.4
Возможность реализации	0.2

Таблица 15 – Шкала оценки новизны

Баллы	Уровень
1-4	Низкий НТУ
5-7	Средний НТУ
8-10	Сравнительно высокий НТУ
11-14	Высокий НТУ

Таблица 16 – Значимость теоретических уровней

Характеристика значимости теоретических уровней	Баллы
Установка законов, разработка новой теории	10
Глубокая разработка проблем, многосторонний анализ, взаимозависимость между факторами	8
Разработка способа (алгоритм, вещество, устройство, программы)	6
Элементарный анализ связей между факторами (наличие гипотезы, объяснение версий, практические рекомендации)	2
Описание отдельных факторов (вещества, свойств, опыта, результатов)	0.5

Таблица 17 - Возможность реализации по времени и масштабам

Время реализации	Баллы
В течение первых лет	10
От 5 до 10 лет	4
Свыше 10 лет	2
Масштабы реализации	Баллы
Одно или несколько предприятий	2
Отрасль	4
Народное хозяйство	10

$$k_1 = 0.5, P_1 = 6, k_2 = 0.4, P_2 = 7,$$

$$k_3 = 0.2, P_3 = 10, k_4 = 0.2, P_4 = 4.$$

$$HTY = 0.5 \cdot 2 + 0.4 \cdot 7 + 0.2 \cdot 10 + 0.2 \cdot 4 = 7.1$$

По полученным результатам расчета коэффициента научно-технического уровня можно сделать вывод, что данный проект имеет среднюю значимость теоретического и практического уровня, и при этом используется в широком спектре отраслей.

3.2 Планирование проектных и пусконаладочных работ

Комплекс работ по созданию проекта включает в себя 2 этапа:

- проектировка электропривода приемного рольганга;
- пуско-наладочные работы электропривода приемного рольганга.

Проект электропривода приемного рольганга будут разрабатывать 2 человека: руководитель проекта и инженер-разработчик.

При осуществлении работ пуско-наладочных работ необходимо привлечение бригады электромонтеров, один из которых будет выполнять обязанности бригадира. Минимальный состав бригады 2 человека.

3.2.1 Планирование проектных и пуско-наладочных работ

Структура ПНР определяется исходя из сложности серийно-выпускаемых, освоенных промышленностью электротехнических устройств в соответствии с требованиями санитарных норм и правил, правил технической эксплуатации и правил техники безопасности, правил устройств электроустановок, правил органов государственного надзора и другими нормативными документами.

Комплекс работ разобьём на этапы и определим в процентном соотношении объем выполнения работ по каждому этапу при наладке реверсивного тиристорного преобразователя. Результаты сведены в таблицу 18.

Таблица 18 - Содержание этапов ПНР

№	Содержание этапов работы	Объем работы, %
1.	Подготовительные работы	12
1.1	Изучение проектной документации, составление замечаний и разработка рекомендаций по их устранению	3
1.2	Составление рабочего графика проведения ПНР и согласования его с предприятием	1
1.3	Подготовка рабочих мест, аппаратуры, инструмента	1

1.4	Внешний осмотр электрооборудования и проверки соответствия проекту	2
1.5	Оказание технической помощи по приемке установки из монтажа, составление ведомости дефектов; контроль за устранением	3
1.6	Ревизия тиристорной установки, прозвонка цепей	2
2.	Проверочные работы	17
2.1	Проверка количества ПНР и их соответствие рабочим чертежам	4
2.2	Проверка установленной аппаратуры и снятие в необходимых случаях характеристик, градуировка	4
2.3	Изменение аппаратных параметров оборудования и электрических схем	3
2.4	Проверка и настройка работы электрических систем дистанционного управления, блокировок и автоматики	6
3.	Наладочные работы	45
3.1	Измерение сопротивления изоляции и испытания повышенным напряжением	2
3.2	Испытание силового трансформатора, двигателя	4
3.3	Фазировка цепей управления с напряжением силовой цепи	3
3.4	Испытание и настройка элементов защиты	3
3.5	Испытание и наладка СИФУ преобразователя	18
3.6	Наладка системы регулирования электропривода преобразователя	12
3.7	Раздельное испытание комплектов "Вперед и "Назад" преобразователя на эквивалентную нагрузку	3
4.	Комплексное опробование	18
4.1	Испытание преобразователя на холостом ходу	5
4.2	Опробование и корректировка работы при рабочей нагрузке	7
4.3	Проверка режимов работы при управлении с поста управления	3
4.4	Осцилографирование основных режимов работы	3
5.	Оформление отчетной и приемно-сдаточной документации	8
5.1	Обработка материалов испытания	1
5.2	Составление инструкции по эксплуатации	2
5.3	Внесение в один экземпляр принципиальных схем проекта изменений, во время проведения ПНР	3
5.4	Оформление и сдача технического отчета	2
ИТОГО		100

Соотношение этапов пусконаладочных работ согласно таблице представлен на рисунке 22.

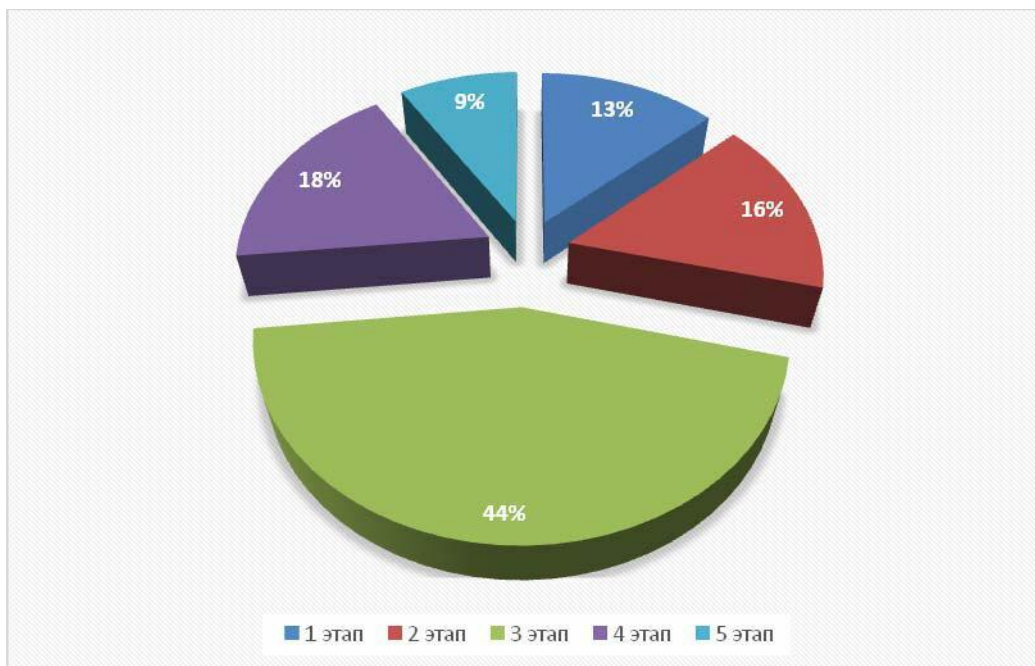


Рисунок 22 – Соотношение этапов пусконаладочных работ.

По классификационным признакам бригада наладчиков характеризуется профессиональным составом и сменностью работы как специализированная из рабочих одной профессии, выполняющих технологически однородные работы; работа сменная (работа в одну смену); техника безопасности запрещает производить работы на электрооборудовании под напряжением менее чем двум рабочим.

Исходя из выше перечисленного набираем бригаду в составе 3 человек. Стоимость человеко-час производственно-технического персонала представлена в таблицу 19.

Таблица 19 - Стоимость человеко-час для персонала

Состав - бригады	Разряд или квалификация	Стоимость человеко-часа,руб.
Инженер-электрик	Инженер I категории	144
Бригадир электромонтеров	7	128
Электромонтер	6	123

Полный комплекс ПНР и последовательность их выполнения исполнителями с учетом нормативов сведен в таблицу 20.

Таблица 20 - Сроки исполнения ПНР

№	Продолжительность этапа, дни	Исполнители
1. Подготовительные работы	6	инженер-электроник, бригадир электромонтеров, электромонтер
1.1. Изучение проектной документации, составление замечаний и разработка рекомендаций по их устранению	1,5	
1.2. Составление рабочего графика проведения ПНР и согласования его с предприятием	0,5	
1.3. Подготовка рабочих мест, аппаратуры, инструмента	0,5	
Внешний осмотр электрооборудования и проверки соответствия проекту	1	
1.4. Оказание технической помощи по приемке установки из монтажа, составление ведомости дефектов; контроль за устранением	1,5	
1.5. Ревизия тиристорной установки, прозвонка цепей	1	
2. Проверочные работы	7	инженер-электроник, бригадир электромонтеров, электромонтер
2.1. Проверка количества ПНР и их соответствие рабочим чертежам	1,5	
2.2. Проверка установленной аппаратуры и снятие в необходимых случаях характеристик, градуировка	1,5	
2.3. Изменение аппаратных параметров оборудования и электрических схем	1	
2.4. Проверка и настройка работы электрических систем дистанционного управления, блокировок и автоматики	3	
3. Наладочные работы	20	инженер-электроник, бригадир электромонтеров, электромонтер
3.1. Измерение сопротивления изоляции и испытания повышенным напряжением	1	
3.2. Испытание силового трансформатора, двигателя	2	
3.3. Фазировка цепей управления с напряжением силовой цепи	1,5	
3.4. Испытание и настройка элементов защиты	1,5	

3.5. Испытание и наладка СИФУ преобразователя	8	
3.6. Наладка системы регулирования электропривода преобразователя	4,5	
3.7. Раздельное испытание комплектов "Вперед и "Назад" преобразователя на эквивалентную нагрузку	1,5	
4. Комплексное опробование	8	
4.1. Испытание преобразователя на холостом ходу	2	инженер-электроник, бригадир электромонтеров, электромонтер
4.2. Опробование и корректировка работы при рабочей нагрузке	3	
4.3. Проверка режимов работы при управлении с поста управления	1,5	
4.4. Осцилографирование основных режимов работы	1,5	
5. Оформление документации	4	
5.1. Обработка материалов испытания	0,5	инженер-электроник, бригадир электромонтеров
5.2. Составление инструкции по эксплуатации	1	
5.3. Внесение в один экземпляр принципиальных схем проекта изменений, во время проведения ПНР	1,5	
5.4. Оформление и сдача технического отчета	1	
ИТОГО	45	

Весь комплекс ПНР проводится бригадой за 45 рабочих дней. Все работы ведутся в строгом соответствии с нормами их проведения.

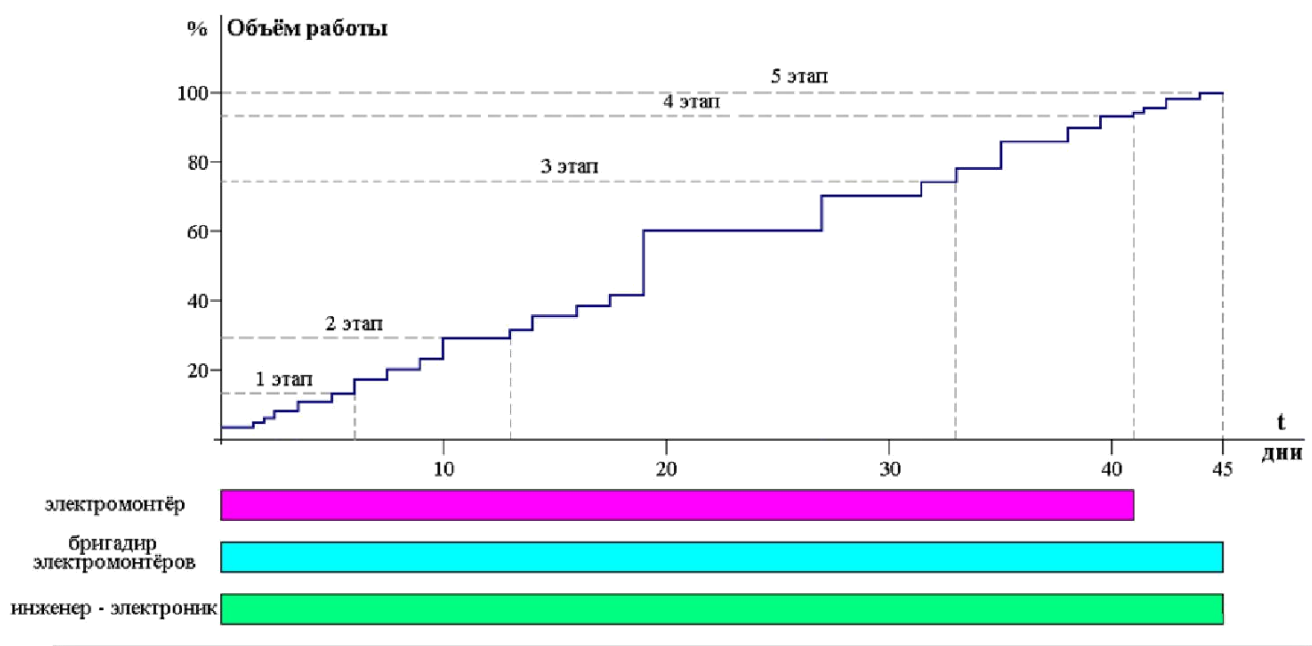


Рисунок 23 – График календарного плана реализации проекта

Календарный план реализации проекта составлен с учетом всех выходных и праздничных дней. На разработку данного проекта потребуется 45 рабочих дней которые выполняют 3 человека: инженер-электрик, бригадир электромонтеров и электромонтер.

3.2.2 Сметная стоимость пусконаладочных работ

Сметная стоимость пусконаладочных работ включает в себя:

- Стоимость комплектующих и оборудования;
- Стоимость вспомогательных материалов; –
- Затраты на основную заработную плату;
- Затраты на дополнительную заработную плату;
- Затраты на отчисления в социальные фонды; –
- Накладные расходы

3.2.3 Стоимость комплектующих и оборудования

Стоимость оборудования и комплектующих представлена в таблице 21.

Таблица 21 - Стоимость комплектующих и оборудования

№	Наименование	Единица Измере- ния	Коли- чество	стоимость, руб	
				за еди- ницу.	всего
1.	Комплектный тиристорный электропривод КТЭ-320/440-132-1-УХЛ-4	шт	1	485600	485600
2.	Электродвигатель Д814	шт	1	720000	720000
3.	Силовой трансформатор ТСЗП-400/10- УЗ	шт	1	390000	390000
4.	ТиристорТЮОО	шт	12	1500	18000
5.	Сглаживающий реактор ФРОС-65/0,5УЗ	шт	1	435000	435000
6.	Автоматический выключатель А3756Б	шт	1	3200	3200
7.	Автоматический выключатель А3795П	шт	1	3500	3500
8.	Провод ПВ-Л	м	10	2,9	29
9.	Провод ПРГ	м	10	3,8	38
10.	Шнур ВВГ	м	7	14	98
11.	Кабель РКМ	м	15	48	720
12.	Кабель ВРГ	м	15	51	765
13.	Металлорукав РЗ-Ц	кг	5	103,8	519
14.	Перфорированный швеллер К225	кг	20	350	7000
15.	Перфорированный уголок К236	кг	15	31	465
16.	Кабельный наконечник 70-10-13-МУХЛЗ	шт	30	29	870
17.	Кабельный наконечник 16-6-6-МУХЛЗ	шт	30	11	330
18.	Уплотнитель резиновый	шт	20	12	240
19.	Кабельная гильза 1 3-5-2 - ООУТ2	шт	20	29	580
Итого				2066954	

3.2.4 Стоимость вспомогательных материалов

Стоимость вспомогательных материалов, необходимых для проведения пусконаладочных работ рассчитываем в таблицу 22.

Таблица 22– Стоимость вспомогательных материалов

№	Наименование	Единица Измерения	Количество	стоимость, руб.	
				за единицу.	всего
1.	Лента поливинилхлоридная электроизоляционная	кг	0,05	195	9,75
2.	Трубка электромонтажная ХВТ-5УХЛ-2.5	кг	0,1	78	7,8
3.	Трубка электромонтажная ХВТ-16УХЛ-2.5	кг	0,05	88	4,4
4.	Лакоткань электроизоляционная капроновая ЛКМ-105	м ²	2	202	404
5.	Листовой электротехнический текстолит	кг	23	209	4807
6.	Листовой фольгированный стеклотекстолит	кг	10	246	2460
7.	Электроизоляционная термостойкая самослипающаяся резиновая радиационной вулканизации ЛЭТСАР	кг	0,5	598	299
8.	Бензин А-92	л	1,2	28	33,6
9.	Спирт технический	л	0,2	170	34
10.	Канифоль или флюс КСп	кг	0,15	66	9,9
11.	Припой ПОС	кг	0,4	70	28
12.	Компаудный лак К- 168	кг	0,5	46	23
13.	Ветошь	кг	2	18	36
Итого				8156,5	

3.2.5 Затраты на основную заработную плату

Бригада проводящая ПНР в составе 3 человек работает по 8 часов в день. Их заработная плата рассчитывается за фактически отработанное время.

При проведении ПНР для расчета заработной платы применяются поправочные коэффициенты:

$K_p=1.3$ - районный коэффициент

$K_p=1.3$ - коэффициент, вводимый при работах в действующих установках
Дневная ставка членов бригады

$$C_{дн}=C_{чел.час}*K_p*K_n*n,$$

где $C_{чел.час}$ – тарифная ставка за час (руб./час)

n – количество отработанного времени за смену (час)

Тарифные ставки членов производственно-технического персонала проводящего ПНР представлена в таблицу 23. Таблица 23 – Тарифные ставки персонала

Состав - бригады	Разряд или квалификация	Тарифная ставка руб.
Инженер-электрик	Инженер I категории	144
Бригадир электромонтеров	7	128
Электромонтер	6	123

На основании

Статья 143 ТК РФ четко указывает на то, что тарификация работ и присвоение тарифных разрядов работникам производятся с учетом Единый тарифно-квалификационный справочник (ЕТКС) и Единый квалификационный справочник (ЕКС), а их применение утверждается в порядке, устанавливаемом Правительством РФ

Расчет затрат на основную заработную плату бригаде проводящую ПНР
сводим в таблицу 24

Таблица 24 - Затраты на основную заработную плату

Состав бригады	Разряд, квалификация	Дневная ставка, руб.	Количество о рабочих дней.	Заработная плата, руб.
Инженер-электрик	Инженер I категории	1946.88	45	87609
Бригадир электромонтёров	7 разряд	1730.56	45	77875.2
Электромонтёр	6 разряд	1662.96	40	66518.4
Итого				232002.6

3.2.6 Затраты на дополнительную заработную плату

Дополнительная заработная плата производится на оплату отпусков (за неиспользованный отпуск) и составляет 15% от основной заработной платы.

ДЗП - дополнительная заработная плата, руб.

$$\text{ДЗП} = 0.15 \cdot \text{ОЗП, руб}$$

где ОЗП - основная заработная плата, руб.

$$\text{ДЗП} = 0.15 \cdot 232002,6 = 34800,39 \text{ руб.}$$

3.3 Определение сметной стоимости ПНР

Все затраты на проведение ПНР такие как: стоимость оборудования и вспомогательных материалов, затраты на основную и дополнительную заработную плату, Отчисления во внебюджетные фонды (пенсионный фонд, фонд медицинского страхования, фонд социального страхования) и накладные расходы сводим в таблицу 25

Таблица 25 – Сметная стоимость ПНР

№	Наименование статей	Сумма, руб.
1	Вспомогательные материалы	8156,5
2	Стоимость комплектующих и оборудования	2066954
3	Основная заработная плата	232002,6
4	Дополнительная заработная плата	34800,39
5	Отчисления во внебюджетные фонды. 30,2%	70064,78
6	Накладные расходы (60% от ст.2)	139201,56
Итого		2 551 179,83

3.4 Определение ресурсной (ресурсосберегающей) и экономической эффективности исследования

Определение эффективности происходит на основе расчета интегрального показателя эффективности научного исследования. Его нахождение связано с определением двух средневзвешенных величин: финансовой эффективности и ресурсоэффективности.

3.4.1 Интегральный финансовый показатель

Определяется как:

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i} = \Phi \frac{\Phi_{\text{р.}i}}{\max}$$

где $I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i}$ – интегральный финансовый показатель разработки;

$\Phi_{\text{р}i}$ – стоимость i -го варианта исполнения включая ПНР

$$\Phi_{\text{р}1} = 485600 + 2551179 = 3036779 \text{ руб}$$

$$\Phi_{\text{р}2} = 657000 + 2551179 = 3208179 \text{ руб}$$

$$\Phi_{\text{р}3} = \Phi_{\text{max}} = 645000 + 2551179 = 3196179$$

руб Φ_{max} – максимальная стоимость всего проекта

Полученная величина интегрального финансового показателя разработки отражает соответствующее численное удешевление стоимости разработки в размах.

3. 4.2 Интегральный показатель ресурсоэффективности

Определяется следующим образом:

$$I_{\text{р}i} = \sum a_i \cdot b_i ,$$

где $I_{\text{р}i}$ – интегральный показатель ресурсоэффективности для i -го варианта исполнения разработки;

a_i – весовой коэффициент i -го варианта исполнения разработки;

b_i^a, b_i^p – бальная оценка i -го варианта исполнения разработки,

устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания;

n – число параметров сравнения.

Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности рекомендуется проводить в форме таблицы (табл. 26).

Таблица 26 – Сравнительная оценка вариантов исполнения

Критерии \ Объект исследования	Весовой коэффициент параметра	Исп.1 (Комплектный тиристорный преобразователь)	Исп.2 (Привод постоянного тока ABB)	Исп.3 (Привод постоянного тока Simoreg)
1. Способствует росту производительности труда пользователя	0,1	5	5	5
2. Удобство в эксплуатации (соответствует требованиям потребителей)	0,15	4	5	5
3. Помехоустойчивость	0,15	5	5	4
4. Энергосбережение	0,20	5	4	4
5. Надежность	0,25	4	5	5
6. Материалоемкость	0,15	5	3	3
ИТОГО	1	4,6	4,5	4,35

3.4.3 Интегральный показатель эффективности вариантов исполнения разработки

Сравнение интегрального показателя эффективности вариантов исполнения разработки позволит определить сравнительную эффективность проекта (см. табл. 27) и выбрать наиболее целесообразный вариант из предложенных.

Таблица 27 – Сравнительная эффективность разработки

№ п/п	Показатели	Исп.1 (Комплектный тиристорный преобразователь)	Исп.2 (Привод постоянного тока АВВ)	Исп.3 (Привод постоянного тока Simoreg)
1	Интегральный финансовый показатель разработки	0,94	1	0,99
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	4,6	4,5	4,35
3	Интегральный показатель эффективности	4,89	4,5	4,39
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1	0,92	0,89

Сравнение значений с позиции финансовой и ресурсной эффективности указывает на первый вариант исполнения - Комплектный тиристорный преобразователь КТЭ-320/440-132-1-УХЛ-4 КТЭ стоимостью – 485 600 руб., , как наиболее эффективный.

Выводы по разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:

1) В данной части ВКР проведено экономическое обоснование выбранного оборудования и принятого способа управления электроприводом приемного рольганга;

2) Проведен конкретный анализ, в ходе которого в качестве преобразователя выбран комплектный тиристорный преобразователь КТЭ-320/440-132-1-УХЛ-4КТЭ т.к. у данного преобразователя оптимальные технические показатели при выгодной стоимости;

3) проведен расчет коэффициента научно-технического уровня (9,1), который оказался довольно высоким;

4) Также было произведено планирование проектных работ, продолжительность которых составила 45 день;

5) Расчет сметы затрат на проектирование, расчет капитальных вложений на реализацию. Общая смета затрат на проектирование составила 2561155,95 рублей;

6) Произведена оценка ресурсоэффективности проекта, которая указала, что наиболее эффективен первый вариант исполнения проектных работ, который и был реализован в НТП.

Таким образом, по полученным результатам можно сделать вывод, что данный проект имеет хорошие показатели научно-технического уровня, коммерческий потенциал, а также является целесообразным с точки зрения ресурсной и экономической эффективности.

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
3-5ГЗБ2	Бакиров Маскат Абудгани

Школа	Инженерная школа энергетики (ИШЭ)	Отделение	Кафедра электропривода и электрооборудования (ЭПЭО)
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	13.03.02 Электроэнергетика и электротехника (ЭОО)

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	Система электроснабжения обжимного цеха ОАО «ЗСМК»
--	--

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

<p>1. Производственная безопасность</p> <p>1.1. Анализ выявленных вредных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения в следующей последовательности:</p> <ul style="list-style-type: none"> – физико-химическая природа вредности, её связь с разрабатываемой темой; – действие фактора на организм человека; – приведение допустимых норм с необходимой размерностью (со ссылкой на соответствующий нормативно-технический документ); – предлагаемые средства защиты; – (сначала коллективной защиты, затем – индивидуальные защитные средства). <p>1.2. Анализ выявленных опасных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения в следующей последовательности:</p> <ul style="list-style-type: none"> – механические опасности (источники, средства защиты); – термические опасности (источники, средства защиты); – электробезопасность (в т.ч. статическое электричество, молниезащита – источники, средства защиты); – пожаровзрывобезопасность (причины, профилактические мероприятия, первичные средства пожаротушения). 	<p>Анализ вредных факторов</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Низкая освещенность 2. Шум 3. Вибрации 4. Отклонение параметров микроклимата <p>Анализ опасных факторов</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Механические травмы, в следствие: <ol style="list-style-type: none"> а) движения машин и механизмов; б) движение производственного материала; 2. Поражения электрическим током
<p>2. Экологическая безопасность:</p> <ul style="list-style-type: none"> – защита селитебной зоны – анализ воздействия объекта на атмосферу (выбросы); – анализ воздействия объекта на гидросферу (сбросы); – анализ воздействия объекта на литосферу (отходы); 	<p>Анализ воздействия на атмосферу (выбросы) и литосферу в процессе работы данного цеха.</p>

<ul style="list-style-type: none"> – разработать решения по обеспечению экологической безопасности со ссылками на НТД по охране окружающей среды. 	
3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях: <ul style="list-style-type: none"> – перечень возможных ЧС при разработке и эксплуатации проектируемого решения; – выбор наиболее типичной ЧС; – разработка превентивных мер по предупреждению ЧС; – разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий. 	Наиболее типичная ЧС для рассматриваемого цеха – пожар. -по необходимо оснащению (первичные средства пожаротушения пожарная сигнализация ,система автоматического пожаротушения); -инструкции по пожарной безопасности для работников; -план эвакуации работников при пожаре.
4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности: <ul style="list-style-type: none"> – специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны. 	Разработка организационных мероприятий для безопасной работы электротехнического персонала.

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	
---	--

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент ОКД ИШНКБ	Ледовская Анна Михайловна	-		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-5ГЗБ2	Бакиров Маскат Абудгани		

4.СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ

Введение

На производстве должны быть созданы благоприятные условия труда – совокупность факторов производственной среды, оказывающих влияние на здоровье и работоспособность человека в процессе труда.

Однако возможность воздействия производственных факторов на работающих существует всегда, поэтому должны быть разработаны меры защиты от него и обеспечения безопасности труда – состояния условий труда, при которых исключено воздействие на работающих опасных и вредных производственных факторов.

Данный раздел посвящен вопросам обеспечения необходимых условий труда (санитарно-гигиенические условия, защита от негативных производственных факторов, обеспечение пожарной безопасности) в соответствии с действующими нормативными документами, а также вопросам экологической безопасности.

4.1 Производственная безопасность.

4.1.1 Анализ вредных производственных факторов

При проведении технологического процесса в обжимном цехе ОАО "ЗСМК" на всех стадиях обработки металлов возможно появление вредных и опасных факторов.

Основные вредные факторы

- а) Шум и вибрация.
- б) Отклонение показателей микроклимата.
- в) Недостаточная освещенность рабочей зоны.

Шум и вибрация

Шум оказывает многообразное влияние на организм человека. Источники механических шумов в прокатных цехах являются зубчатые передачи, подшипники, кулачки, кривошипные механизмы, цепные передачи, процессы транспортировки металла по рольгангам, его деформации, резки, вибрации поверхностей машин и оборудования. Термический шум возникает при работе газовых горелок, нагревательных устройств, при горении различных факелов. Электромагнитный шум возникает при шуме трансформаторов. Уровень звукового давления на рабочих местах в цехе 90-120 дБ, при норме 80 дБ.

Источниками вибрации являются: возвратно-поступательные движущие системы: электрические и пневматические зубила, шлифовальные машины. Санитарные нормы вибрации рабочих мест по СН 2.2.4/21.8.566-96.

При эксплуатации рольгангов возникает высокие уровни шума, обусловленные ударным воздействием. Снижение шума достигается изменением конструкции рольганга, а также применением металлических материалов с высокими демпфирующими свойствами, изготовление роликов рольганга из стали, содержащей от 0,7 до 3,5% Mn, что снижает уровень звукового излучения на 12-15 дБ. Посты управления обжимными станами располагают вблизи клетки. Следовательно, они систематически находятся над горячими слитками и прокатами, а также имеет место шум высоких уровней. Поэтому посты управления должны иметь защитную теплоизоляцию и были защищены от проникновения шума в помещении поста. Уровни шума должны соответствовать ГОСТ 121.003-2014. вибрации- ГОСТ 12.1.012-2004.

Для борьбы с вибрациями в цехе применяются виброгасящие фундаменты. А использование дистанционного управления позволяет решить проблему защиты людей от этого вредного фактора.

Таблица 28 – Санитарные нормы одно-числовых показателей вибрационной нагрузки на оператора для смены длительностью 8 часов.

Вид вибрации	Категория	Виброускорение		Виброскорости	
		м/с ²	дБ	мс ⁻¹ *10 ⁻²	дБ
Общая	2	0,25	109	0,56	101

Отклонение показателей микроклимата

В производственных помещениях цеха предусматривается создание микроклимата, который обеспечивает нормальные условия для работы производственного персонала. Источники тепловых выделений - обрабатываемый металл, нагревательные устройства, стан, вспомогательное оборудование методической печи для термической обработки, отделочные агрегаты. Большое количество теплоты выделяется при складировании исходных материалов, готовых изделий, охлаждении на холодильниках. В прокатных цехах должны быть созданы условия по СанПиН 2.2.4.548-96. Показателями, характеризующими микроклимат в производственных помещениях являются: а) температура воздуха ; б) температура поверхностей; в) относительная влажность воздуха. Оптимальная температура 16-25 С, допустимая 13-25 С, при выполнении тяжелой физической работы максимально допустимое значение температуры 26 С, а относительная влажность не более 75%.

Недостаточная освещенность

Освещенность, создаваемая дневным естественным светом, изменяется в чрезвычайно широких пределах. Изменения эти обусловлены временем дня, сезоном и метеорологическими факторами, за короткий промежуток времени освещенность естественного света может изменяться в несколько раз. Поэтому естественное освещение помещений нельзя характеризовать, а следовательно, и нормировать абсолютной величиной

освещенности. Правила и нормы искусственного освещения основываются на закономерностях, определяющих работоспособность зрения.

4.1.2 Анализ основных опасных факторов

Основные опасные факторы

- а) Движение машин и механизмов.
- б) Движение производственного материала.
- в) Наличие высокого напряжения.

Движение машин и механизмов

В цехе установлено различное основное и вспомогательное оборудование, движущие части которого представляют определенную опасность, так как непредусмотренный контакт с ними может вызвать травмы производственного персонала. Это прокатные валки, тянущие, подающие и направляющие ролики, кантователи, толкатели, сталкиватели, манипуляторы, рольганги, транспортеры.

Части и узлы прокатных машин (валки, маховики, соединительные шпиндели, зубчатые колеса, барабаны летучих ножниц, различные муфты, втулки, кулачки, эксцентрики) совершают вращательные движения. Другие части и узлы (рычаги, элементы транспортеров, толкателей манипуляторов и кантователей) выполняют возвратно – поступательное движение. Опасность воздействия определяется прежде всего конструктивными проблемами. Так, опасность возрастает, если вращающиеся части оборудования содержат выступающие крепежные детали (болты, шпильки, винты, гайки), а на их поверхности имеются следы неравномерного износа или дефекты (трещины, заусенцы и пр.).

При вращении навстречу друг другу прокатных и других валков возникают условия для захвата конечностей человека, его одежды. Движущиеся слитки, блюмы, слябы, заготовки, подкат и готовый продукт создают возможность травмирования персонала во время непредусмотренного

контакта их с человеком. Учитывая, что скорость обработки металла на механическом оборудовании прокатных цехов возросла, возможны выбросы металла из валков, направляющих линеек, аппаратов и т.д.

Поэтому для обеспечения безопасности эксплуатации машин и механизмов прокатных цехов необходимо применять различные системы защиты. Это достигается прежде всего механизацией и автоматизацией производственных процессов, дистанционным управлением механизмами и наблюдением за их работой, заменой периодических процессов непрерывными, автоматизацией измерения параметров процесса обработки металла.

Движущиеся и вращающиеся части механизмов прокатных станов, агрегатов, расположенных в труднодоступных местах, допускается ограждать общим ограждением с запирающимся устройством. Маховики должны иметь боковое ограждение в виде сплошного барьера или перил с обшивкой по низу. Ограждения маховиков по ободу должно выполняться в виде сплошного щита не менее 2м.

Для безопасного перехода людей через рольганги шлепперы, конвейеры должны быть строены переходные мостики, огражденные перилами. Мостики для перехода через горячий металл должны иметь теплоизолирующий настил, а с боков экранированы щитами из листового железа высотой не менее 1,8 м. Для обеспечения безопасности рабочих при ремонтах ячеек нагревательных колодцев по краю площадки должны устанавливаться съемные ограждения.

Движение производственного материала

При выполнении операций резки металла на ножницах потенциальная опасность возникновения травм у персонала может возникнуть при замене ножей и удалении с их режущих поверхностей наваров, уборке обреза и окалины от ножниц, устранении заклинивания обреза в желобе ножниц и на конвейере, в процессе резки и отборе проб. В скрапном пролете опасность возможна при проведении кантовки коробок – контейнеров с обрезью, а также

при перестановке вагонов под обрешку, поэтому в процессе работы проводят периодический осмотр оборудования, при котором также возможно поражение персонала.

При проведении прокатки на блюминге или слябинге потенциальная опасность возникновения травм у персонала возникает при транспортировании слитков рабочим рольгангом к стану, прокатке слитков в рабочей клетке в первых проходах, проведении перевалок и настройке валков, очистке желобов гидросмыва окалина, очистке рольгангов от данных пробок и скрапа, проведении операций по установке, уборке и кантовании коробок для скрапа.

Рольганги, подающие металл к ножницам, должны иметь борта исключающие возможность вылета подаваемого металла.

В случаях, если исполнительные органы машин представляют опасность для людей и не могут быть ограждены, должны быть предусмотрены сигнализация, предупреждающая о пуске машины в работу, и средства для остановки и отключения от источников энергии.

4.1.3 Расчет освещения

Наиболее часто требуется определить мощность ламп, необходимую для получения заданной освещенности, при выбранном типе и расположении светильников.

В мастерской электриков стана 1250 длиной 14м, шириной 8м и высотой 4,3м на высоте 3,8м от пола подвешивают светильники ШОД с люминесцентными лампами ЛБ; их намечено установить в два ряда, предпочтительно – сплошное. Норма освещенности 200лк при $\eta=1,5$.

Определяем коэффициент использования светового потока светильников по формуле:

$$i = \frac{AB}{h(A+B)} ;$$

где А и В – длина и ширина помещения, м;

h – высота подвеса светильников, м.

$$i = \frac{14 \cdot 8}{3,8(14 + 8)} \approx 1,34.$$

По табл. 22 [12] находим коэффициент использования, т.е. относительную долю потока лампы, подающей на поверхность S; $\eta=0,4$.

Определяем потребный световой поток лампы по формуле:

$$F \cdot N = \frac{E \cdot k \cdot S \cdot Z}{\eta}$$

где:

E – наименьшая освещенность, лк;

k - коэффициент запаса;

S – площадь помещения, м²

Z – коэффициент для перехода от наименьшей освещенности к средней; (при Z=1,1 ШОД дает более равномерную освещенность)

N – количество светильников

$$F \cdot N = \frac{200 \cdot 1,5 \cdot 14 \cdot 8 \cdot 1,1}{0,4} = 92500_{\text{лм.}}$$

По табл5. [12] лоток лампы ЛБ40 принимают 2480 лм, ЛБ-80-4320 лм.

Следовательно, потребное число ламп

$$40_{\text{Вт}} = \frac{92500}{2480} = 37; \quad 80_{\text{Вт}} = \frac{92500}{4320} = 21.$$

Так как светильники двухламповые и число рядов два, то в каждом ряду необходимо:

$$\text{при лампах } 40_{\text{Вт}} \quad \frac{37}{4} \approx 9 \text{ светильников, при лампах } 80 \text{ Вт} \quad \frac{21}{4} \approx 5$$

светильников.

Длина светильников с лампами 40 Вт около 1250мм, с лампами 80Вт – около 1550 мм.

Следовательно, при лампах 80Вт сплошные ряды не получаются, при лампах 40 Вт можно получить сплошные ряды, установив в каждом из них по

10 светильников. Общая длина ряда составит около 12,5 м, т.е. ряды будут на 0,75м не доходить до торцевых стен.

4.2 Экологическая безопасность.

Город Новокузнецк расположен в южной части Кемеровской области на площадке, образованной поймами рек Кондомы и Томи, и окружен отрогами Кузнецкого Алатау и Салаирского кряжа. Перепад высот в пределах города составляет 250 м.

Площадка ОАО "ЗСМК", шириной 2км и длиной 5 км с террасным расположением цехов, находится на юго-западной окраине города на правом берегу реки Томи. Размер санитарно-защитной зоны ОАО "ЗСМК" составляет 1000м.

По валовым выделениям пыли и образованию газов прокатное производство относится к наименее тяжелым участкам металлургического производства. Нагрев и горячая прокатка слитков способствует образованию значительного количества окалины. Технологический процесс связан с применением большого количества воды для смыва и транспортировки окалины, охлаждения прокатных валков, роликов рольгангов и проводковой арматуры. Высокая степень механизации технологического процесса требует применения в большом количестве масел и смазок.

Технология нагрева и прокатки слитков включает в себя отходы производства, воздействующие на окружающую среду:

- дымовые газы, сварочный шлак, окалину и пыль в отделении нагревательных колодцев;
- окалину и пыль на стане 1250;
- обрезь на ножницах горячей резки блюминга 1250 и НЗС;
- обрезь, окалину и пыль на адьюстаже при порезке и обработке заготовок ручными резаками и на шлифовально – обдирочных станках;
- воду с примесями окалины, масел и смазок по линии прокатки на

блюминге 1250,НЗС и склада горячих заготовок.

В цехе установлена одна газоочистная и пять пылеулавливающих установок. В период неблагоприятных метеоусловий производить внеплановый осмотр технического состояния всех газо- и пылеулавливающих установок с устранением выявленных отклонений от правил технической эксплуатации. В это время запрещается чистка пылеулавливающих установок, разведение костров, задымляющих территорию цеха.

Отсос продуктов сгорания от МОЗ осуществляется через газоотборный короб, установленный над рольгангом перед машиной, подземной орошаемый боров и газоход с противоточной подачей воды. Система газоочистки состоит из трех параллельных ниток. Каждая нитка включает в себя, пылеулавливатель (труба Вентури), циклон и дымосос. Первая и третья нитки оснащены дымососами типа ВМ20А, а вторая ВМ 100/1200.

Эксплуатационная производительность каждой нитки составляет 90000 м³/час, одна из которых находится в резерве. В каждом пылеулавливателе предусмотрено предварительное орошение газов водой через форсунки для коагуляции мелкодисперсных частиц пыли, а мокрые циклоны являются улавливателями и коагуляторами мелких капель, состоящих из воды и пыли. Скоагулированные частицы вместе с водой из пылеулавливателя поступают в отстойник оборотного цикла прокатных цехов, а очищенные продукты сгорания через трубу выбрасываются в атмосферу.

Нормативы предельно допустимых выбросов вредных веществ в атмосферу от источников обжимного цеха за 2015 г. приведены в таблице 29.

Таблица 29 - Нормативы предельно допустимых выбросов вредных веществ

Источник выделения вредных веществ (агрегат,установка)	Выбросы вредных веществ в атмосферу т, год.
---	---

	Наименование веществ	Базовый выброс	Предельно допустимый выброс
Нагревательные колодцы	Пыль Окись углерода Сернистый ангидрит Окислы азота Бензаперен	59 2668,9 434,7 58,4 0,00015	60 2660 480 50 0,00015
Клеть 1250 АС-1	Пыль	22,53	30
МОЗ	Пыль Окись углерода Сернистый ангидрид Окислы азота	92,8 1319,8 3,9 139,1	110 1310 9 140
Зачистные станки АС-2	Пыль	27,63	30
ИТОГО	Пыль Сернистый ангидрид Окись углерода Окислы азота Бензаперен	201,86 438,6 3988,7 197,5 0,00015	230 489 3970 190 0,00015

Поступающие в атмосферу окислы углерода, азота, пыль и т.д. оказывают различное токсичное воздействие на организм человека. Так, оксиды азота воздействуют на органы дыхания, приводят к отеку легких. Превышение нормативной величины окислов азота практически в 2 раза внушает опасение, т.к. в черте города окислы азота, взаимодействуя с углеводородами выхлопных газов, образуют фотохимический туман-смог. Оксид углерода воздействует на нервную и сердечно-сосудистую системы. Источниками атмосферной пыли является зола, образующаяся при сгорании топлива. Сажа обладает большой адсорбционной способностью по отношению к тяжелым углеводородам и в том числе к бензапилену, что делает сажу весьма опасной для человека.

Снижение вредных выбросов в атмосферу позволит цеху значительно увеличить прибыль, прежде всего за счет того, что не будет необходимости в

уплате из прибыли штрафных санкций в бюджет и внебюджетные фонды за нарушение требований по охране окружающей среды.

4.3 Безопасность в чрезвычайных ситуациях.

Чрезвычайные ситуации классифицируют:

- по природе возникновения — природные, техногенные, экологические, биологические, антропогенные, социальные и комбинированные;
- по масштабам распространения последствий — локальные, объектовые, местные, национальные, региональные, глобальные;
- по причине возникновения — преднамеренные и непреднамеренные (стихийные);
- по скорости развития — взрывные, внезапные, скоротечные, плавные;
- по возможности предотвращения — неизбежные (природные), предотвращаемые (техногенные, социальные), антропогенные.
- по ведомственной принадлежности.

К техногенным относят ЧС, происхождение которых связано с техническими объектами, — пожары, взрывы, аварии на химически опасных объектах, выбросы радиоактивных веществ, обрушение зданий, аварии на системах жизнеобеспечения.

Об-Бектовые ЧС — это чрезвычайные ситуации, когда последствия ограничиваются территорией завода, учреждения, учебного заведения, но не выходят за рамки объекта. Для их ликвидации привлекают хотя и все силы и средства предприятия, но их достаточно, чтобы справиться с аварийной ситуацией. Оперативной частью плана ликвидации аварий должны охватываться все виды возможных аварий в производстве, цехе, отделении.

В одну позицию плана может включаться одно или несколько (два, три) производственных мест, если мероприятия по спасению людей из этих мест одинаковы.

Допускается объединение в одну позицию возможных случаев взрыва и пожара. При этом для указанных аварий необходимо предусматривать отдельные мероприятия.

Прокатное производство характеризуется тем, что в обращении постоянно находится горячий металл, при обработке которого выделяется значительное количество лучистого тепла из раскаленного металла и окалины. Кроме того, в цехе используются горючие газы в качестве топлива в нагревательных колодцах и на машине огневой зачистке. Из выше перечисленных факторов, характеризующих прокатное производство, цех относится к категории "Г" (согласно НПБ 105-03).

Но в цехе имеются помещения, которые могут быть отнесены к более высокой категории пожароопасности: маслоподвалы, характеризующиеся наличием большого количества масла для нужд стана, которое способно воспламенению, можно отнести к категории "В" ;проходы около газопроводов, подающих топливо в печь, характеризующиеся наличием легковоспламеняющегося газа, можно отнести к категории "А".

По НПБ 105-03, при проектировании к строительству зданий и сооружений необходимо учитывать категорию пожарной опасности производства, степени огнестойкости этих зданий. Огнестойкость обжимного цеха определяется, прежде всего, стойкостью конструкций сохранять свою несущую способность при воздействии высоких температур. Поскольку основными материалами, использованными при строительстве цеха, являются металл и бетон, цех имеет достаточно высокую огнестойкость и в соответствии со СНиП 21.01.-97 относится к первой степени огнестойкости.

В цехе предусмотрены противопожарные меры: к зданиям и к сооружениям цеха обеспечен подъезд пожарных автомобилей со всех сторон; оборудование установками автоматического пожаротушения, пожарной сигнализации в особо пожароопасных помещениях.

Система пожарной защиты предусматривает следующие меры:

1. Максимально возможное применение негорючих и трудногорючих веществ и материалов в производственных процессах;
2. Ограничение количества горючих веществ и их надлежащее размещение;
3. Изоляцию горючей среды;
4. Применение средств пожаротушения;
5. Применение конструкций производственных объектов с регламентированным пределом их огнестойкости и горючести;
6. Эвакуация людей в случае пожара;
7. Применение средств пожарной сигнализации и средств извещения о пожаре;
8. Организацию пожарной охраны объекта;
9. Применение средств коллективной и индивидуальной защиты от огня.

Для тушения пожаров применяются несколько типов стационарных систем пожаротушения. В складах применяются установки водяного пожаротушения. Данная установка не только тушит пожар, но и включает световую и звуковую системы сигнализации. В кабельном подвале установлены стационарные установки и автоматическая пожарная сигнализация дренчерного пожаротушения с дистанционным управлением. В галереях, где расположены электрические кабели, применяют установки газового пожаротушения. В маслоподвалах применяют установки тушения пожаров паром. Ввод в действие этих установок производится вручную задвижками, находящиеся рядом с маслоподвалом.

Для предотвращения гибели людей при возникновении пожара каждый рабочий должен знать пути безопасного выхода из своего помещения. На рисунке 24 показан план эвакуации людей при пожаре из мастерской электрослужбы стана 1250, а также нанесены средства тушения пожара.

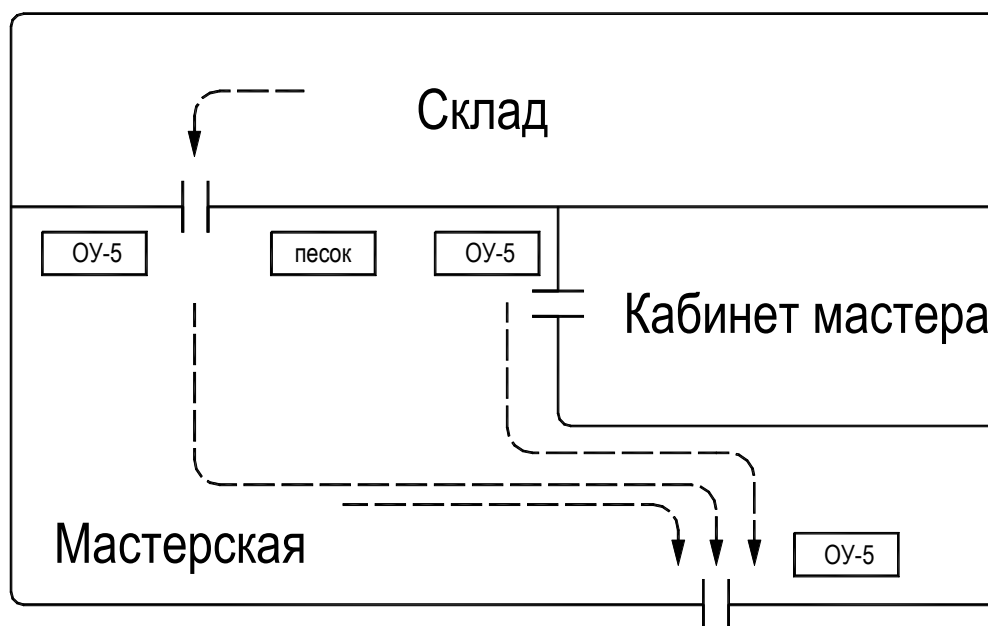


Рисунок 24 - План эвакуации при пожаре

Мероприятия по спасению людей и ликвидации аварий, записываемые в оперативную часть плана ликвидации аварий, должны разрабатываться с учетом взаимосвязи по коммуникациям и взаиморасположения производств, цехов, отделений, установок и других объектов.

В оперативной части плана ликвидации аварий должны быть предусмотрены:

- а) мероприятия по спасению людей и ликвидации аварий конкретно по каждому предусмотренному случаю аварии;
- б) лица, ответственные за выполнение предусмотренных мероприятий, и конкретные исполнители;
- в) действия газоспасательного подразделения и пожарной части в начальный момент по спасению людей и ликвидации аварий;
- г) места нахождения средств для спасения людей и ликвидации аварий (шкафы с аварийным запасом противогазов, инструмента и материалов).

Запрещается перегружать оперативную часть плана ликвидации аварий указаниями о восстановительных и ремонтных работах, не имеющих прямого отношения к ликвидации аварий..

Выход людей из аварийных помещений необходимо предусматривать по наиболее безопасным и кратчайший путям.

С верхних этажей выход людей следует предусматривать как по обычным путям, так и по запасным выходам и наружным лестницам в зависимости от обстановки.

При определении путей к выходу в каждом случае следует предусматривать возможность и необходимость пользования индивидуально закрепленными газозащитными приборами и приборами из аварийных шкафов. Места установки шкафов должны быть определены планом ликвидации аварий.

Пути выхода людей из здания должны указываться от каждого рабочего места и для каждого случая аварий.

При взрывах газа, загазованности помещения и пожарах должен предусматриваться вывод всех людей из помещения.

При авариях, имеющих местный характер, вывод людей должен предусматриваться только из опасных мест.

План ликвидации аварий должен быть тщательно изучен всем административно-техническим персоналом и рабочими цеха, а также работниками газоспасательной станции и пожарной части.

Ознакомление с планом ликвидации аварий должно быть оформлено под расписку.

План ликвидации аварий (выписка из него) должен быть вывешен в цехе в рамке под стеклом на видном месте, около шкафа с аварийным запасом оборудования и материалов, для постоянного ознакомления с ним всего персонала цеха. В отдельных случаях места вывешивания плана ликвидации аварий устанавливаются администрацией цеха, предприятия.

Запрещается допускать к работе лиц, не знающих плана ликвидации аварий в части, относящейся к местам их работы.

Учебные тревоги в цехах (производствах) проводятся на основании графика, составленного начальником отдела техники безопасности и утвержденного главным инженером предприятия или по требованию инспектора Госгортехнадзора,

Руководителем проведения учебной тревоги является в зависимости от масштабов, участвующих в проведении учения, начальник участка (установки), главный инженер предприятия или его заместитель.

Учебные тревоги следует проводить по заранее составленному и утверждённому Плану проведения учебной тревоги разрабатывается по одной из позиций плана ликвидации аварий начальником цеха совместно с представителем отдела техники безопасности, начальником газоспасательного подразделения и утверждается главным инженером предприятия.

Руководство цеха, где производится учебная тревога, извещается об «аварии» телефонисткой по списку лиц, подлежащих вызову на «аварию» при проведении учебной тревоги.

По материалам проверки и разбора составляется акт, в котором отмечаются все выявленные недостатки и намечаются мероприятия по их устранению с указанием сроков исполнения и ответственных лиц за их выполнение, на основании которого директор предприятия издает приказ об устранении отмеченных недостатков или нарушений правил безопасности и внесении соответствующих исправлений или дополнений в план ликвидации аварий. Контроль за своевременным проведением учебных тревог и выполнением мероприятий, указанных в актах по результатам проведения этих тревог, осуществляется главным инженером предприятия.

4.4 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности.

Электробезопасность.

В цехе большая часть электрооборудования работает при напряжении до 1000В. Электрическую опасность представляют: электроустановки, электродвигатели, электрооборудование и линии электропередач.

В цехе имеются источники электромагнитных и электрических полей, которые используются для различных целей: подогрева рабочих валков,

сушки покрытий, нанесенных на поверхность изделий, нагрева исходных изделий для горячей прокатки. Электромагнитное поле создается при работе высокочастотных и сверхвысокочастотных установок. Нормы по электромагнитному излучению по СанПиН 2.2.4.3359-16.

Электродвигатели открытого типа установлены в помещении цеха без повышенной опасности, их токоведущие и вращающиеся части не закрыты и не защищены. Вокруг устанавливают ограждения. Рубильники, установленные в производственных помещениях на распределительных счетах снабжены защитными кожухами, изготовленными из огнестойких материалов. Для защиты электроустановок от перегрузок применяют плавкие предохранители. Внутрицеховая электрическая сеть изготовлена из изолированных проводов или кабелей. Кабели прокладывают в полу в каналах и закрывают сверху съемными покрытиями из огнестойких материалов. Воздушную электрическую сеть выполняют на изоляторах, на высоте не менее 6 м при напряжении до 1000В и не менее 7 м при напряжении свыше 1000В. Защитное заземление применяют как при изолированной так и при заземленной нейтрали.

Для защиты от электрических и электромагнитных полей устанавливают экранирующие устройства, работающих обеспечивают специальными экранирующими костюмами. Экраны представляют собой заземленные щиты из токопроводящего материала. Стационарные экраны предназначены для защиты персонала при осмотре оборудования. В случае применения СВЧ- колебаний необходимо работать в очках, увеличивать расстояние между источниками излучения и рабочим местом, уменьшать мощность излучения генератора. Методы контроля и способы средств защиты должны соответствовать требованиям ГОСТ 12.1.006-84 и соответствовать требованиям ПУЭ

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В систему автоматического управления электроприводом приемного рольганга входят: электродвигатель, преобразователь, передаточная и управляющая системы, представляющие вместе сложную электромеханическую структуру. Кроме того, на характер работы этой системы оказывает существенное влияние специфика прокатного производства, что дополнительно предъявляет целый ряд требований к системе электропривода приемного рольганга.

В результате проектирования разработан электропривод, полностью отвечающий требованиям технического задания и технологического процесса. Электромеханические характеристики системы преобразователь-двигатель в полной мере заполняют заданную работы характеристик, проектируемого электропривода в плоскости координат $\omega(I)$. Статические характеристики замкнутой системы электропривода с П-регулятором скорости (ЭДС) и ПИ-регулятором обеспечивают заданную точность поддержания скорости и значение максимального допустимого тока.

Динамические показатели качества работы РЭП во всём диапазоне регулирования скорости полностью удовлетворяют требованиям технического задания. Время пуска электропривода со слитком и задатчиком интенсивности до максимальной рабочей скорости и реверсирования выбрано соответственно 1,5с и 3с. Перерегулирование скорости практически отсутствует.

Электропривод приемного рольганга снабжён системой защит и сигнализации, обеспечивающей безаварийную и безопасную работу.

В разделе «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» выпускной квалификационной работе рассмотрены вопросы планирования, финансирования и проведения пуско-наладочных работ электропривода рольганга. Составлена смета на проведение ПНР и построен график занятости исполнителей при выполнении пуско-наладочных работ, график выполнения пуско-наладочных работ и круговая диаграмма сметной стоимости на проведение пуско-наладочных работ.

В разделе «Социальная ответственность» проекта освещены вопросы: промышленной безопасности; техники безопасности; анализ опасных и вредных производственных факторов; пожарная безопасность; рассмотрены мероприятия по охране окружающей среды.

THE CONCLUSION

Into system of automatic control of the electric drive reception roller enter: the electric motor, converter, transfer and manager of systems representing together complex(difficult) electromechanical structure. Besides on character of work of this system renders essential influence specificity of rolling manufacture, that in addition shows a lot of the requirements to system of the electric drive reception рольганга.

As a result of designing the electric drive completely adequate the technical project and technological process is developed. The electromechanical characteristics of system to the full fill the converter - engine given works of the characteristics, projected electric drive in a plane of coordinates $\omega(I)$. The static characteristics of the closed system of the electric drive with a P-regulator of speed (EMF) and PI-regulator provide the given accuracy of maintenance of speed and meaning(importance) of the maximal allowable current.

The dynamic parameters of quality of work controlled-velocity electric drive in all range of regulation of speed completely meet the requirements of the technical project. The time of start-up of the electric drive with an ingot and controller of intensity up to the maximal working speed and reversal is chosen accordingly 1,5s and 3s. Overcorrection of speed practically is absent.

The electric drive reception roller is supplied with system of protection and signal system ensuring trouble-free and safe work.

In an economic part of the project the questions of planning, financing and realization of starting-up and adjustment works of the electric drive reception roller are considered. The estimate on realization starting-up and adjustment work is made and the linear diagram of realization starting-up and adjustment work is constructed.

In section of safety and ecological compatibility of the project the analysis of the basic harmful and dangerous factors menacing to the attendants is given the measures under the safety precautions, industrial sanitation and fire safety and are developed. The measures and on protection of an environment are considered.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Фотиев М.М. Электропривод и электрооборудование металлургических цехов.- М.: Металлургия, 1990.- 350с.
2. Чиликин М.Г., Сандлер А.С., Ключев В.И. Теория автоматизированного электропривода. - М.: Энергия, 1979.- 616с.
3. Дружинин Н.Н. Электрооборудование прокатных цехов. - М.: Металлургиздат, 1956.- 456с.
4. Зеленов А.Б., Тертичников В.И., Гулякин В.Г. Электропривод механизмов прокатных станов. - М.: Металлургиздат, 1963.- 344с.
5. Королев А. А. Конструкция и расчет машин и механизмов прокатных станов. - М.: Металлургия, 1985.- 376с.
6. Справочник по проектированию электропривода, силовых и осветительных установок / Под ред. Я.М. Большама и др. - М.: Энергия, 1974.-728с.
7. Башарин А.В. и др. Примеры расчетов автоматизированного электропривода. . - Л.: Энергия, 1997.- 440с.
8. Чебовский О.Г. и др. Силовые полупроводниковые приборы: Справочник. - М.: Энергоатомиздат, 1985.- 224с.
9. Лебедев Е.Д., Неймарк В.Е., Пистрак М.Я., Слежановский О.В. Управление вентильными электроприводами постоянного тока. - М.: Энергия, 1970.-200с.
10. Фишбейн В.Г. Расчет систем подчиненного регулирования вентильного электропривода постоянного тока. - М.: Энергия, 1972.- 136с.
11. Башарин А.В., Новиков В.А., Соколовский Г.Г. Управление электроприводами. - Л.: Энергоиздат. 1982.- 392с.
12. Удут Л.С., Мальцева О.П., Кояин Н.В. Проектирование автоматизированных тиристорных электроприводов постоянного тока. Учебное пособие по курсовому проектированию.- Томск, изд. ТПУ им. С.М. Кирова, 1991.-104с.

13. Комплектные тиристорные электроприводы. Справочник. / Под ред. Перельмутера В.М. - М.: Энергоатомиздат, 1988.- 318с.
14. Справочник по наладке электроустановок / Под ред. Дорофеюка А.С., Хегумяна АЛ. - М.: Энергия, 1997.- 560с.
15. Гарков В.К., Рабинович В.Б., Вишневецкий Л.И,
Унифицированные системы автоуправления электроприводом в металлургии - М.: Металлургия, 1977.- 192с.
16. Справочник по проектированию автоматизированного электропривода и систем управления технологическими процессами / Под ред. Круповича В.И. и др. - М.: Энергоатомиздат, 1982.- 416с.
17. Справочник по наладке электрооборудования промышленных предприятий / Под ред. Зименкова М.Г. и др. - М.: Энергоатомиздат, 1983.-480с.
18. Шипилло В.П. Автоматизированный электропривод. - М.: Энергия, 1969.- 400с.
19. Справочник по электрическим машинам. Том 2. / Под ред. Копыло-ва И.П. - М.: Энергоатомиздат, 1989. - 516с.
20. Бельгольский Б.П. Экономика и организация труда прокатного производства. -М.: Металлургия, 1963.- 318с.
21. Логоватовский А.А. Научная организация труда в металлургии. - М.: Высшая школа, 1984.- 136с.
22. Глухов В.В. Экономика прокатного производства. - М.: Металлургия, 1979.-284с.
23. Юзов О.В. и др. Экономика и организация производства в дипломном проектировании. - М.: Высшая школа, 1991.- 124с.
24. Технологическая инструкция по производству блюмов, слябов и заготовок на обжимном стане - Новокузнецк, 1994. - 86с.
25. Долин П.А. Справочник по технике безопасности. - М.: Энергоатомиздат, 1985. -716с.

26. Зиньковский М.М. Техника безопасности и производственная санитария. Краткий справочник металлурга. - М.: Металлургия, 1973. - 416с.
27. Безопасность труда на производстве. Производственная санитария / Под ред. Злобинского Б.М. - М.: Металлургия, 1976. - 369с.
28. Нормативы предельно-допустимых выбросов вредных веществ в атмосферу в обжимном цехе - Новокузнецк, 1998. -17с.
29. Охрана труда в прокатном производстве / Под ред. Брынза А.М. - М.: Металлургия, 1986. - 214с.
30. Глушко Л.А. Защита от перегрева в горячих цехах. - М.: Металлургия, 1963. - 156с.
31. Правила устройства электроустановок - М.: Энергоатомиздат, 1985 -624с.
32. Правила технической эксплуатации и правила техники безопасности в электроустановках. - М.: Энергоатомиздат, 1986. -524с.
33. СН №3223-80. Санитарные нормы допустимых уровней шума на рабочих местах.
34. ГОСТ 12. L050-86. Методы измерения шума на рабочих местах.
35. СН №3044-84. Санитарные нормы вибрации рабочих мест.
36. ГОСТ 12.4.077-79. Вибрация. Средства измерения и контроля вибрации на рабочих местах.
37. ГОСТ 12.1.001-89. Ультразвук. Общие требования безопасности.
38. ГОСТ 12.4.077-79. Ультразвук. Методы измерения звукового давления на рабочих местах.
39. СН №2274-80. Гигиенические нормы инфразвука на рабочих местах.
40. СанПин 2.2.4.548-96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений.

41. ГОСТ 12.1.005-88. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны.
42. Р 222.013-94. Гигиенические критерии оценки условий труда по показателям вредности и опасности факторов производственной среды, тяжести и напряженности трудового процесса.
43. МР №5169-90. Оценка теплового состояния человека с целью обоснования гигиенических требований к микроклимату рабочих мест и мерам профилактики охлаждения и нагревания.
44. СанПин №5802-91. Санитарные нормы и правила выполнения работ в условиях воздействия электрических полей промышленной частоты(50Гц).
45. СН № 1757-77. Санитарные нормы допустимой напряженности электрического поля.
46. ПДУ №3206-85. Предельно - допустимые уровни магнитных полей промышленной частоты(50Гц).
47. СНиП 23.05-95. Строительные нормы и правила. Нормы проектирования. Естественное и искусственное освещение.
48. ГОСТ 17.677-82. Светильники. Общие технические условия.
49. ПДК №461788. Предельно - допустимые концентрации вредных веществ к воздуху рабочей зоны.
50. МУ-2562-83. Методические указания по определению вредных веществ в воздухе рабочей зоны.
51. МУК-4.1.406-96 ÷ 4.1.465-96. Методические указания по измерению концентрации вредных веществ в воздухе рабочей зоны.

Приложение А.

Графический материал.

Кинематическая схема приёмного рольганга стана 1250

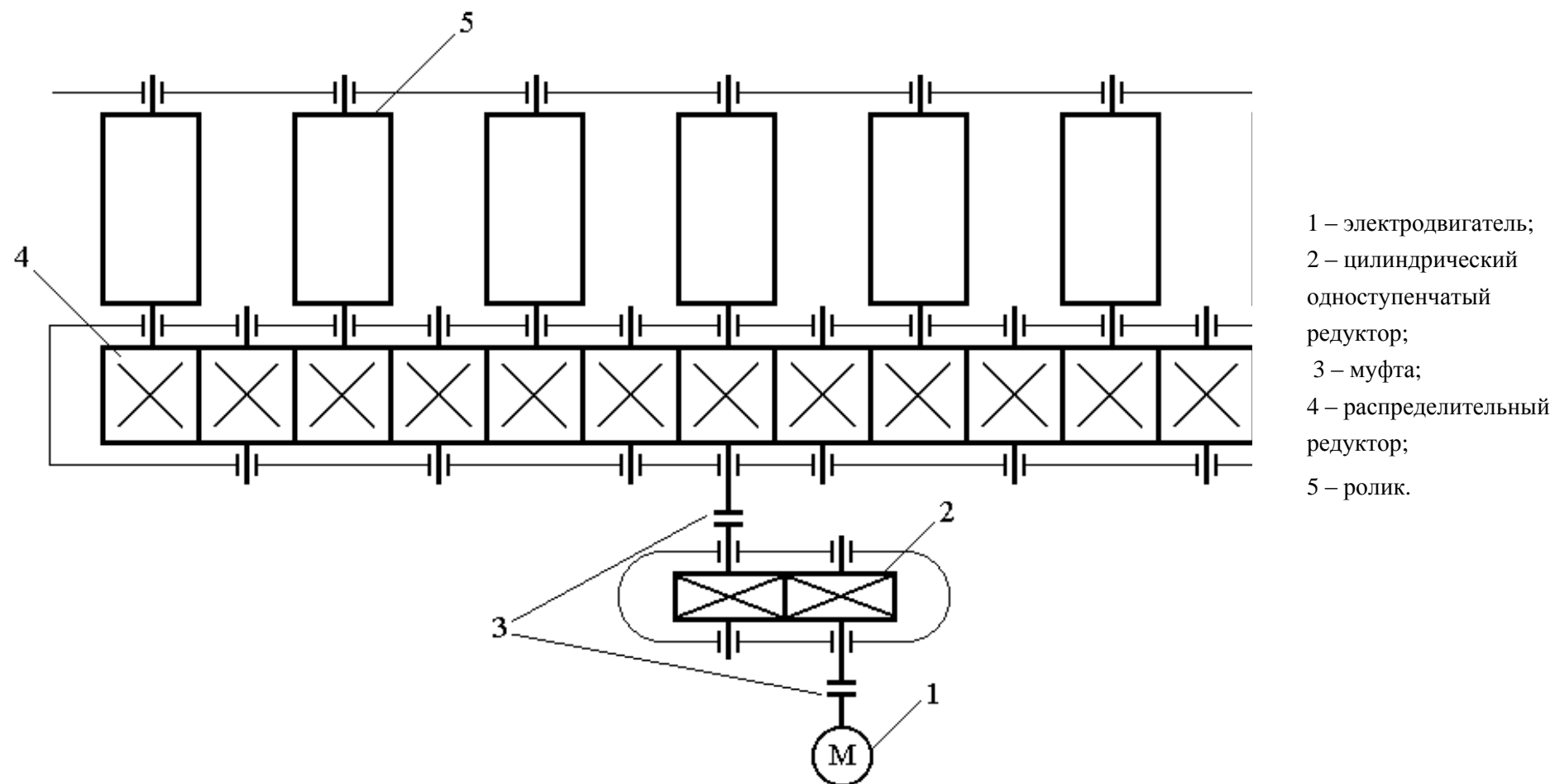
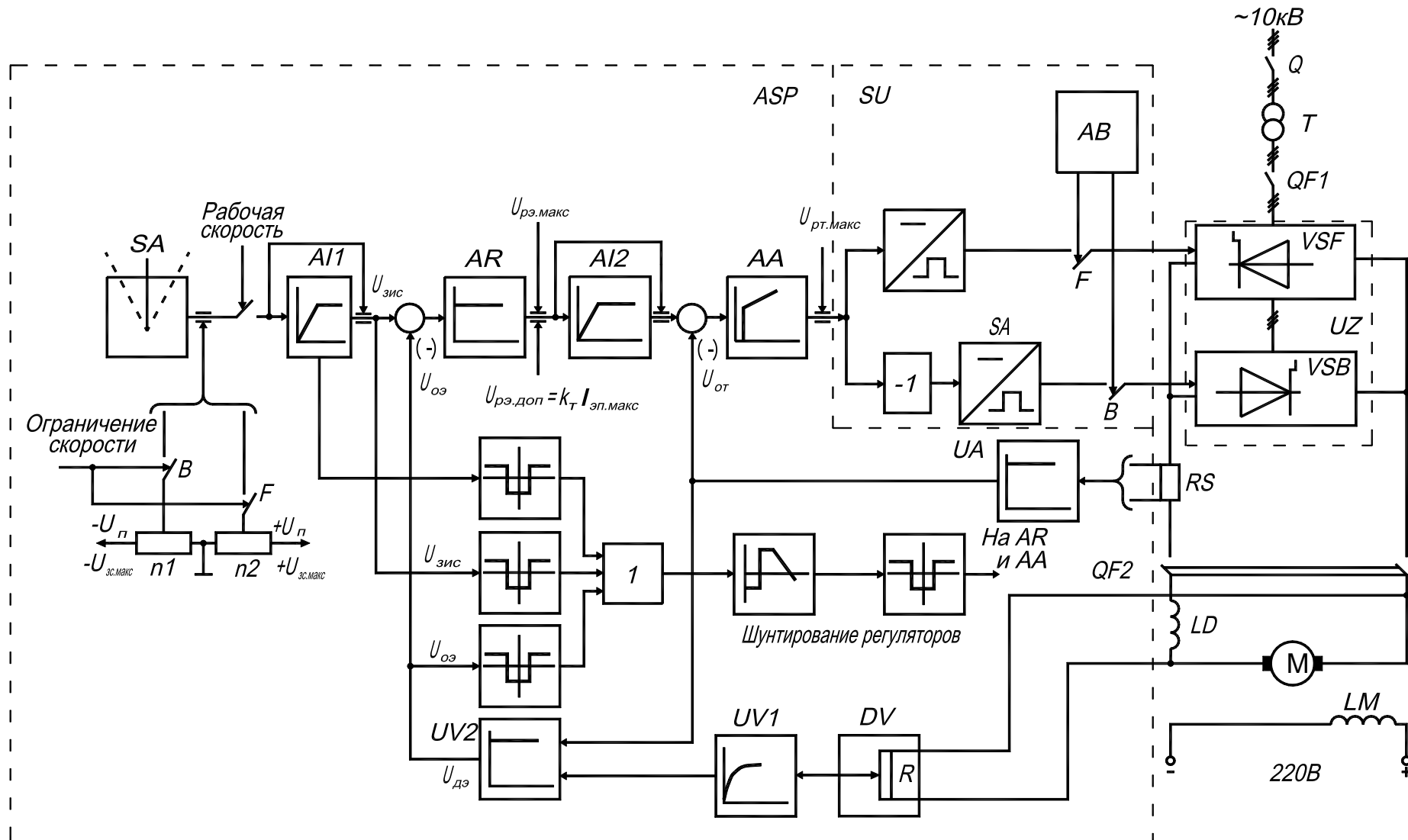
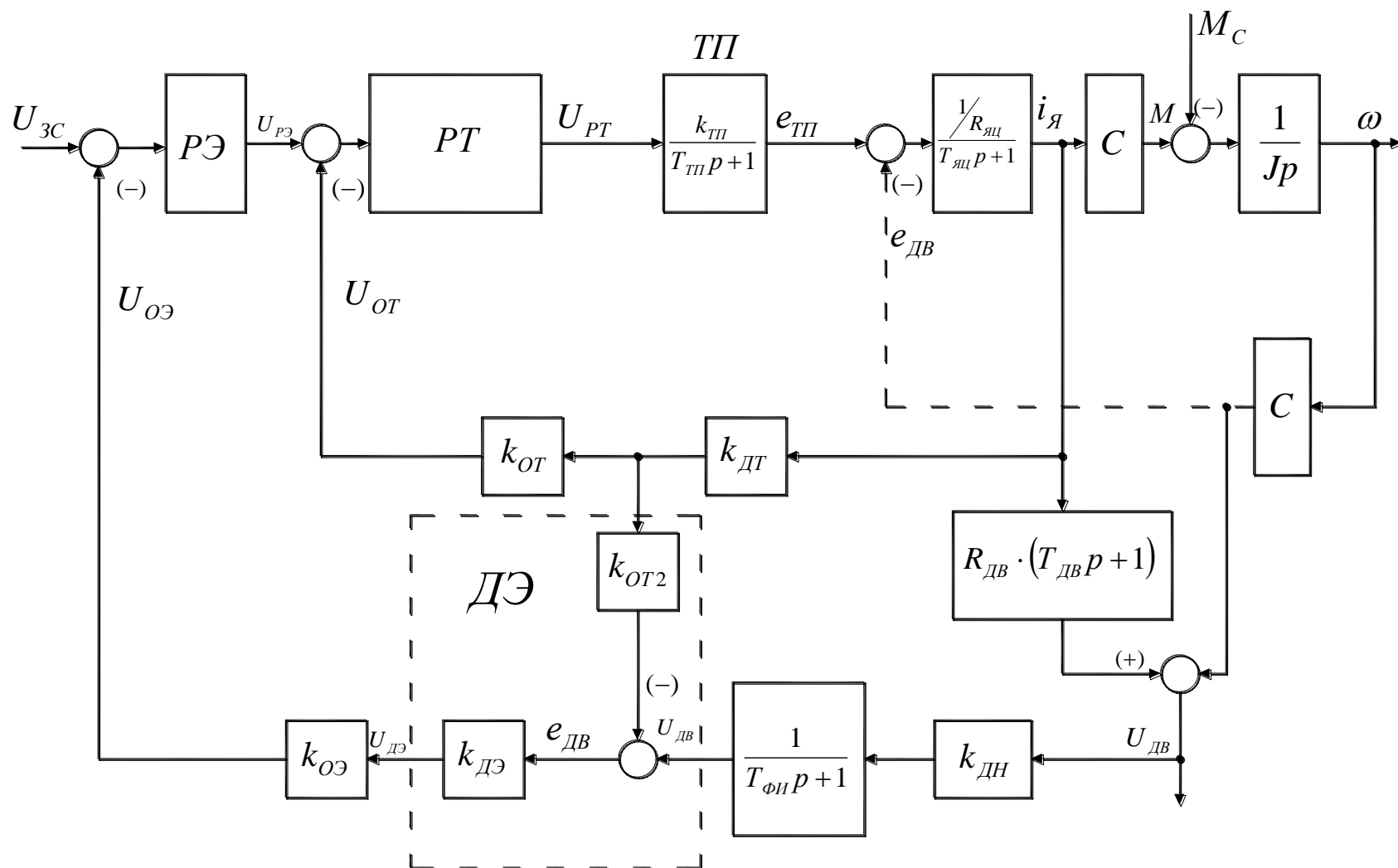


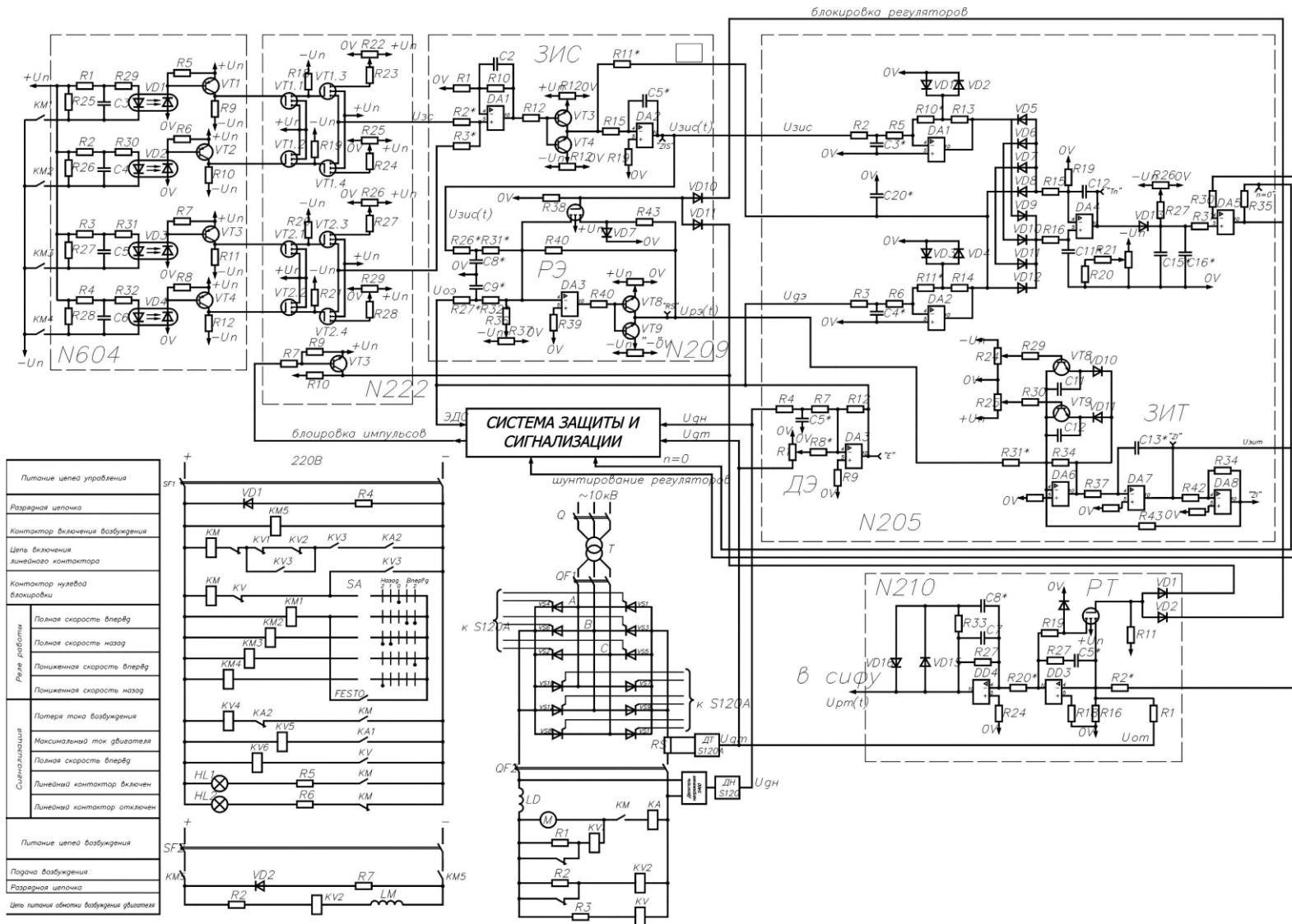
Схема электрическая функциональная электропривода приёмного рольганга стана 1250



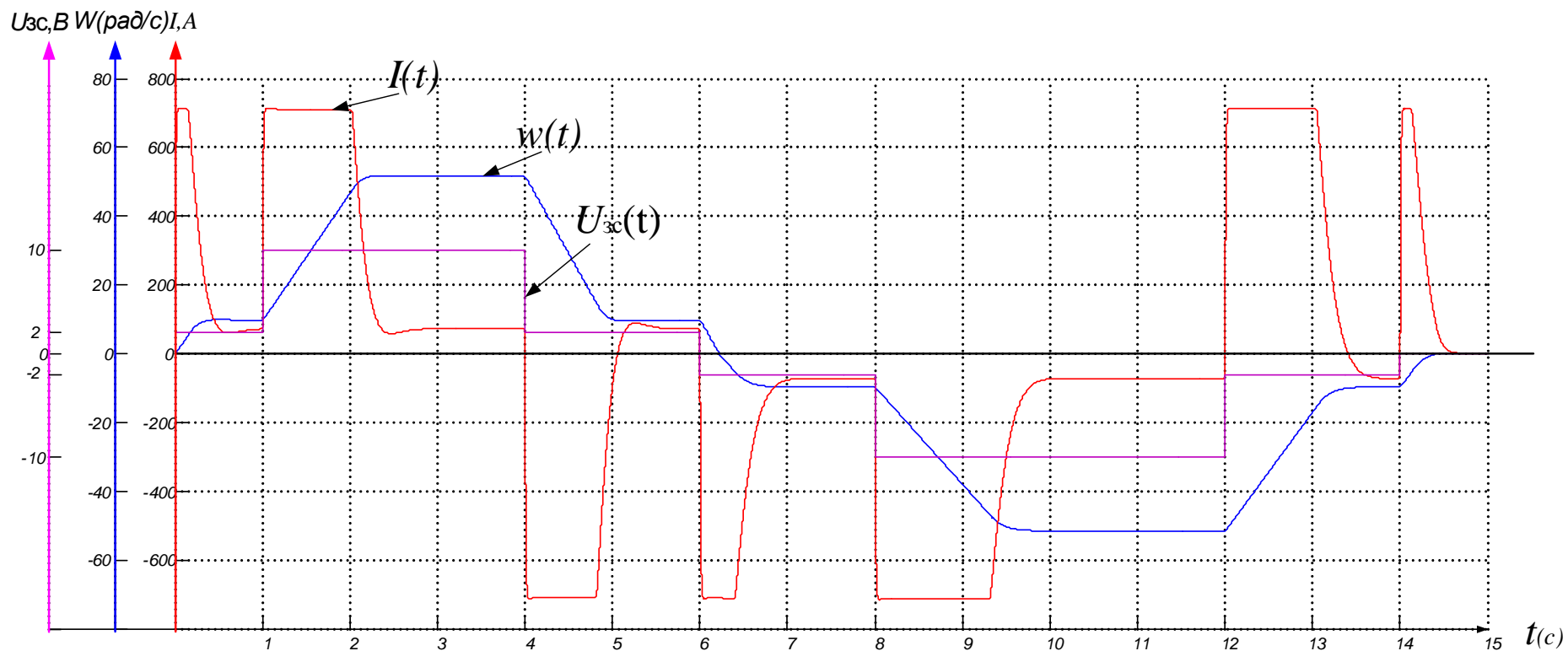
Структурная схема электропривода приёмного ролганга стана 1250



Принципиальная схема электропривода приемного рольганга



Диаграммы цикла работы электропривода приёмного рольганга



Линейный график проведения ПНР

